



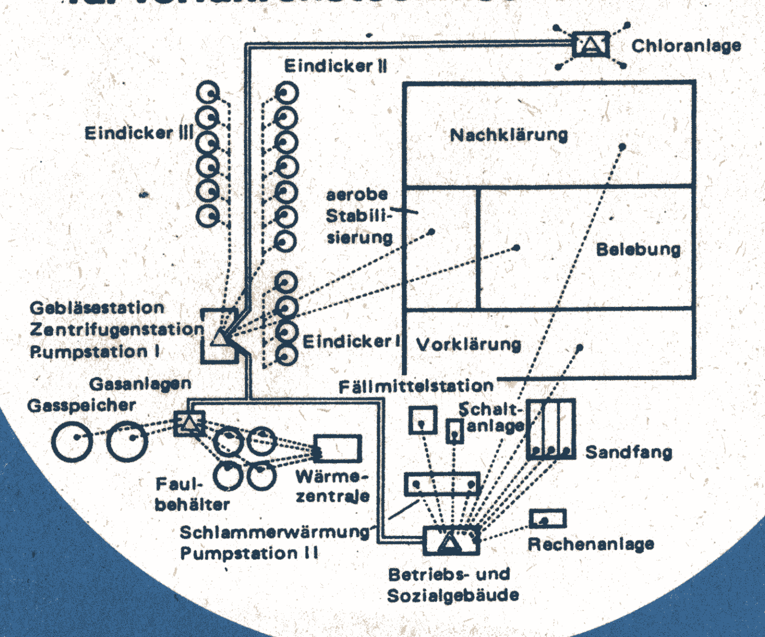
Kammer der Technik

AUTOMATISIERUNGS-TECHNIK

Teil B **15**

Dipl. – Ing. Walter Haase
Dipl. – Ing. Bernd Grille

Projektierung von audatec Großverbundsystemen für verfahrenstechnische Prozesse



Projektierung von audatec-Großverbundsystemen für verfahrenstechnische Prozesse (Teil B)
- ein Applikationsbeispiel -

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Walter Haase, KDT
Dipl.-Ing. Bernd Grille, KDT

VEB Geräte- und Regler-Werke "Wilhelm Pieck" Teltow
Betrieb des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau

Herausgeber: Betriebssektion der Kammer der Technik
und Zentrale Informationsstelle des
VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow,
Betrieb des VEB Kombinat Automatisierungs-
anlagenbau

Lektor: Dr.-Ing. H. Franke, KDT
Dipl.-Ing. R. Schönemann, KDT

Redaktionsschluß: 31. 3. 1986

Inhaltsverzeichnis (Teil A)

Inhaltsverzeichnis (Teil B) Seite

4.3.2. Prozeßnahe Ebene (konventionelle Feldtechnik)

Auf der Grundlage der getroffenen Koordinierungsentscheidung ist die Aufnahme der Projektierungsarbeiten in vier horizontalen Ebenen (Phase 9 , 10 , 11 , 13 , Bild 7) möglich. Die Projektierung der prozeßnahen Feldtechnik läuft dabei in der von der konventionellen Technik bekannten Weise ab. Da sich in der Vorbereitungsphase Detailprobleme nur unvollständig erkennen lassen, ist die Arbeitsweise dominierend iterativ und kooperativ geprägt. Die wesentlichen Unterschiede zur bisherigen Technik bestehen zusammengefaßt in den folgenden Aspekten:

- Signalaufbereitung und -anpassung an audatec
- Setzen der Rangierverteiler als Schnittstellen zum audatec-System
- erhöhte Anforderungen an die Präzision ausgewählter meß- und stelltechnischer Funktionen (z. B. für Koordinierungsebenen)
- Einhalten strengerer Anforderungen an EMV-Maßnahmen
- Fortfall der Automatisierungsfunktionen Informationsverarbeitung und MMK im Prozeßleitstand mit konventionellen Mitteln
- Projektierung konventioneller Informationsverarbeitungslösungen und konventioneller Wartentechnik für ausgewählte Funktionsanforderungen

Die genannten Aufgaben können aufgrund der im Einsatzfall gewonnenen Erfahrungen auch ohne Detailkenntnisse über das audatec-System gelöst werden, wenn mit dem dafür verantwortlichen Projektanten die Anforderungen koordiniert sind.

4.3.3. Das audatec-Hardwareprojekt (Projekt Teil I)

4.3.3.1. Dimensionierungsprobleme

Bei der Projektierung von MR-AS spielen Dimensionierungsprobleme in jeder Entwurfsphase eine wichtige Rolle. In der Hardwareprojektphase müssen die in der Automatisierungskonzeption überschlägig dimensionierten Funktionseinheiten endgültig ausgelegt werden. Dabei gelten folgende Bedingungen:

technisch: Das System muß im Rahmen seiner Kapazitätsgrenzen ohne Kollosionen mit Speicherplatz- und Rechenzeitbedarf und Busbelastung im Echtzeitbetrieb die geforderten Funktionen abarbeiten können.

ökonomisch: Die Unterlastung führt zu höheren Investitionskosten. Eine sich erst in Phase 15 oder 16 (Bild 7) herausstellende Überlastung darf wegen der dann unausweichlichen Nachrüstung (Terminverzug, Kostenüberschreitung) nicht eintreten.

4.3.3.2. BSE-Belegung

Die BSE-Belegung umfaßt die Untersetzung der Dimensionierungsaufgaben auf die einzelnen Funktionseinheiten. Wesentliche Aufgaben sind:

- Belegung der Prozeß-E-/A-Signale
- Aufrüstung mit Mikrorechner- und ergänzende Baugruppen
- Stromversorgung
- Kontaktabsicherung, Kontaktbelastung
- Funktionsteilung zwischen WR- und BSE-Funktionen
- Reservefestlegungen im Hardwarebereich
- Typisierung der BSE-Aufrüstung in großen Systemen bzw. Verwendung werksseitig standardisierter Grundaufrüstungen

Die im Abschnitt 4.2.2.2. getroffenen Festlegungen (Funktionszuordnung, Datenquerverkehr, Zuverlässigkeitsaspekte) müssen dabei berücksichtigt werden.

Bei der Projektierung von Signalausgängen zur Ansteuerung von Stellgliedern muß das Ausfallverhalten berücksichtigt werden. So nimmt z. B. bei Netzausfall ein Ausgang DA-R (Ein-/Ausgangsbaugruppen sind nicht gestützt) das Null-Signal an (Ausnahme: Digital-Ausgabe-Statisch-Haftrelais). Aufgrund der RAM-Stützung der KOM-Stellen-Parameter bleibt jedoch der momentane Zustand zur Ansteuerung der Ausgangsbaugruppe erhalten und das ursprüngliche Ausgangssignal wird nach Wiederanlauf erneut gesetzt. (Beispiel: Bild 16 a) Der Einrichtungsantrieb reagiert in der o. g. Weise. Dadurch können bei der Ansteuerung von Antrieben unerwünschte Stöße im Anlagenbetrieb auftreten. Ein anderes Verhalten zeigt demgegenüber der Zweirichtungsantrieb nach Bild 16 b. Das Impulsausgangssignal der BSE wird in der EEA gespeichert. Bei Spannungsausfall der BSE und Wiederanlauf tritt keine Signaländerung auf. Verlangt die konkrete Prozeßsituation einen anderen Funktionsverlauf, so sind entsprechende Vereinbarungen in der AST zu treffen. Der automatische Wiedereinschaltbefehl kann z. B. in der Softwarestruktur verhindert werden bzw. es ist zu sichern, daß ein vorhandenes back up-System die Funktion übernimmt oder eine gefahrlose Endlage eingenommen wird.

Eine weitere Aufgabe besteht in der Abschätzung des Speicherplatz- und Rechenzeitbedarfs für umfangreichere Verarbeitungsketten. Beide müssen deshalb noch vor Beginn der Projektierung Teil II (Phase 12 Bild 7) abgeschätzt werden. Tafel 7 gibt einen orientierenden Überblick zum Bedarf einiger Verarbeitungsketten.

KOM-Typ	Rechenzeit ms	Speicherplatz Byte	Bemerkungen
AS	3	~20	einfache Messung
	5	60	FIRC 65201 (Bild 28)
	12	220	Mittelwertbildung
Trend		133	
AU	7	200	Drosselklappenregelung (Bild 47)
	15	300	Drehzahlregelung w (t) (Bild 47)

ZÄ	2	50	einfache Istwertbilanzierung
	8	100	einfache Istwertbilanzierung mit Bewertung
	27	900	komplexe Zählung (Integration mehrerer KOMS)
BG	1	20	Schwellwertschalter
	24	380	Binärzustandsermittlung aus Analogwerten (Bild 35)
BA	3	250	YV 63925 (Bild 34)
	9	600	komplexe Antriebssteuerung (Zweirichtungsantrieb)
BL	14	1000	Eindickersteuerung (Bild 38 ... 42)
	35	2000	Gebläsesteuerung VE 1 (Bild 45)

Tafel 7: Orientierungswerte BSE-Belastung ausgewählter Verarbeitungsketten

4.3.3.3. Prozeßkopplung von Binärein- und -ausgangssignalen

Bei der Prozeßkopplung muß die funktionsgerechte Anpassung an unterschiedliche Anschlußbedingungen berücksichtigt werden (Bild 20):

Kontaktbelastung

Binärgeber erfordern häufig einen gerätespezifisch begründeten Mindestkontaktstrom zum sicheren Erkennen der Schaltfunktionen. Er wird durch Projektierung geeigneter Widerstandskombinationen im Geberkreis gewährleistet. Zur Realisierung werden Baugruppen des Systems ursalog 4000 verwendet. (Anschluß nach Bild 20 a)

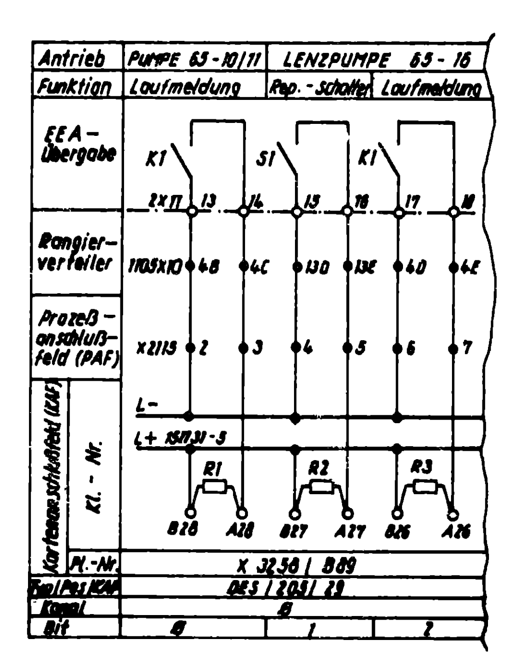
Kontaktabsicherung

Sie dient dem Schutz der E-/A-Stromkreise und wird gleichfalls mit ursalog 4000-Baugruppen realisiert.

Auslegungsschwerpunkte sind

- zulässige Leiterlängen unter Beachtung des Mindestkurzschlußstroms zur Sicherungsauslösung
- thermische Belastbarkeit der Signalleitungen bei Bündellegung unter Rücksicht auf den Gleichzeitigkeitsfaktor.

Ein wichtiger Aspekt bei der Kontaktabsicherung von Binärausgängen ist das Vermeiden unbeabsichtigter Vermaschungen. Die in Bild 20 b dargestellte Sicherungsbaugruppe A 605 darf z. B. wegen der gemeinsamen 24 V-Einspeisung nur verfahrenstechnisch gemeinsamen Funktionsgruppen zugeordnet werden.



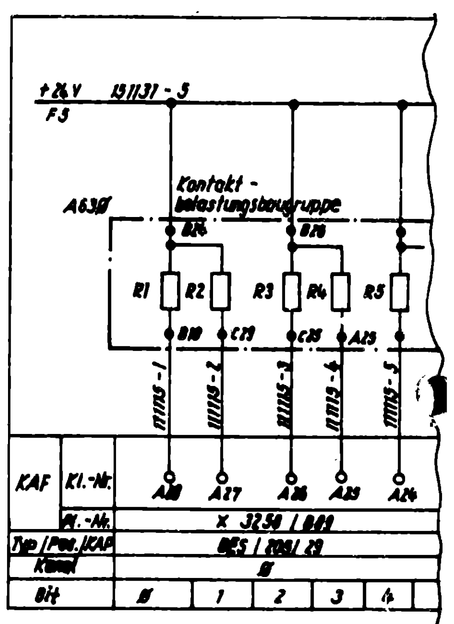


Bild 20 a: Stromlaufplan Kartenbeschaltung und Übersichtsschaltplan Kontaktbelastung

4.3.3.4. Gestaltung des Prozeßleitstands und der Basisstationen

Basisstationen und Prozeßleitstände sind die Konzentrationsschwerpunkte des audatec-Systems. Sie repräsentieren - vergleichbar mit den Zentralwarten konventioneller Systeme - das äußere Image einer modernen Automatisierungsanlage. Ihrem Entwurf ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

4.3.3.4.1. Prozeßleitstand

Prozeßleitstände müssen für jeden Einsatzfall anlagenbezogen entworfen werden. Eine Konfektionierung scheitert an den stets unterschiedlichen Systemrandbedingungen. Entscheidungskriterien sind

- Anlagengröße
- Bedienkonzeption
- Hardwarekonfiguration
- Funktionsebenen
- verfügbare Raumgrößen
- Gestaltungsgrundsätze nach konstruktiven, bautechnischen, ergonomischen, arbeitsphysiologischen und psychologischen Aspekten.

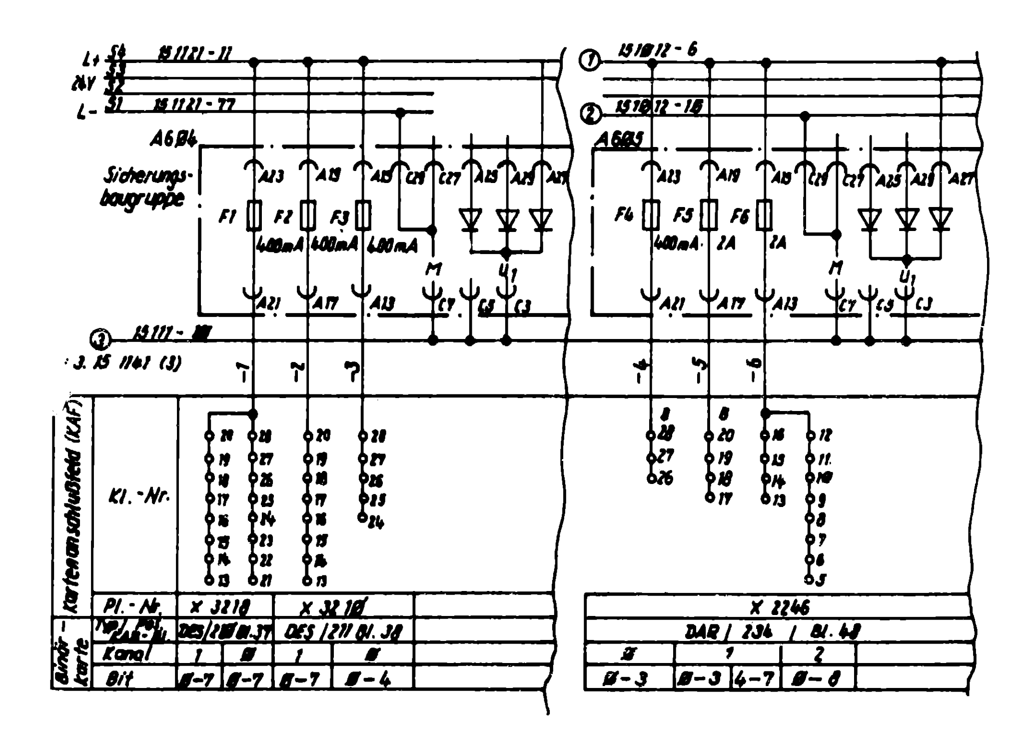


Bild 20 b: Übersichtsschaltplan Kontaktabsicherung von Ein- und Ausgangskarten

Die Entwurfsgrundlagen der Ausführungsprojektierung sind in /23/ enthalten. Dem Leitstandsentwurf muß eine gründliche Analyse aller Systemrandbedingungen vorausgehen. Sie ist von den beteiligten Partnern gemeinsam auszuarbeiten. Eine detaillierte Darstellung der komplexen Zusammenhänge läßt sich in dieser Druckschrift nicht vornehmen. Für die konstruktive und gestalterische Konzeption des Leitstands im vorliegenden Einsatzfall waren die folgenden Entwurfsschwerpunkte bestimmend:

- Der als Leitstand vorgesehene Raum hat auf der Schmalseite eine Fensterfront (Freisichtwarte). Diese Raumkonzeption wirft besondere Beleuchtungsprobleme auf.
- Instrumentierung ohne konventionelle Großraumzellen. Die für ergänzende konventionelle Aufgaben erforderlichen Einrichtungen werden in audatec-Pulten zur Aufnahme konventioneller Technik untergebracht
- Entwurf der Bedienkonzeption nach den im Abschn. 4.2.2.3. angegebenen Kriterien
- Gefäßaufstellung in L-förmiger Anordnung. Der vorhandene Grundriß konnte mit dieser Konzeption den Bedienanforderungen und

Lichtverhältnissen am besten angepaßt werden.

- Reihung von maximal 3 Monitoren für einen einzelnen Bedienplatz. Damit sollte peripheres Flimmern im Sichtbereich des Anlagenfahrers ausgeschlossen werden (Bild 15).
- seitlicher Abschluß der Pultreihung von Arbeitspulten mit Ablageflächen (Pult ohne Aufsatz)
- Aufstellung von audatec-Beistellgefäßen zur Unterbringung der Datenperipherie
- blendfreie Raumbeleuchtung unter den Aspekten Beleuchtungsgüte (Verhindern von Blendwirkungen und Reflexblendung, Einhalten bestimmter Leuchtdichteverhältnisse, Vermeiden hoher Leuchtdichten im Gesichtsfeld und Rücken des Anlagenfahrers auf der Basis eines Beleuchtungsprojektes (kein GRW-Leistungsumfang)
- Monitoranordnung ohne Blendwirkung durch die Fensterfront. Fensterausstattung mit Jalousie und lichtdämpfenden Vorhängen
- Installation einer Notbeleuchtung
- bautechnische Raumgestaltung mit
  - Fundamenterder (TGL 33 375)
  - Doppelfußboden[1]
  - EMV-Maßnahmen (vergl. Abschn. 4.3.1.8.)
- Raumklima gemäß Einsatzklasse + 10/+35/25/80//1101 (TGL 9200/03), Arbeitstemperatur 22 °C bis 26 °C
- vollständige Raumgestaltung für den Endausbau des Systems, da bauliche Maßnahmen nach der Aufstellung der audatec-FE nicht mehr zugelassen werden
- farblich-harmonische Raumgestaltung auf die audatec-Gerätefarben olivbraun und porzellanweiß abgestimmt

Die Gestaltung des Leitstands wurde wegen des fortgeschrittenen Bauablaufs bereits in der Automatisierungskonzeption abgestimmt, so daß danach nur noch geringe Korrekturen notwendig wurden.

4.3.3.4.2. Basisstationen und Einrichtungen zur Prozeßkopplung

Gestaltungsgrundsätze

Basisstationen sind Bauhüllen zur Unterbringung der Basiseinheiten des audatec-Systems und der zur Systemkopplung zwischen Prozeß und Leitstand und zur Energieversorgung erforderlichen Hilfs- und Nebeneinrichtungen. Basisstationen tragen den Status von Wartennebenräumen (WNR). Sie sind abgeschlossene elektrische Betriebsräume, die im laufenden Betrieb nur durch eingewiesenes Personal zur Wartung und Instandhaltung betreten werden. Das zur Instrumentierung von Basisstationen geeignete Gefäßsortiment enthält /20/. Die Aufstellungsbedingungen können der PV 25-01-04 /23/ entnommen werden. Die Gestaltung der Basisstationen wird durch unterschiedliche Systemrandbedingungen bestimmt. Einsatzbedingungen des vorliegenden Beispiels waren:

[1] Die Leitungseinführung in audatec-Einrichtungen des Leitstands und der Basisstationen (Stromversorgung, BUS, Potentialausgleich, Prozeß- und Koppelsignale) erfolgt von unten.

Bedingung	Konsequenz
schrittweise Inbetriebnahme der Anlage in den Ausbaustufen:	Aufstellen von Rangierverteilern als Schnittstelle zur Ablage, Rangierung, Signalaustausch mit dem konventionellen System
1. konventionelles Minimalprogramm für Ausbaustufe 1 170 000 m^3/d	WNR-Zellen zur Aufnahme konvent. Technik
2. Projektierungs- und Bauvorlauf der Starkstromanlage	Rangierverteiler als Schnittstelle für den Signalaustausch AAB - EEA
3. späterer Anschluß der audatec-Anlage als Abschluß der Ausbaustufe 1	erhöhter Bedarf an WNR-Zellen zur Signalablage
4. Erweiterung der Anlage durch Ausbaustufe 2 auf 250 000 m^3/d	Ablage bereits verlegter Kabel an Rangierverteilern

Einrichtungen zur Prozeßkopplung in Basisstationen und ihre Funktionen

Tafel 8 gibt einen Überblick über die in Basisstationen erforderlichen Einrichtungen zur Prozeßkopplung. Bild 21 zeigt die Funktionszuordnung auf Gefäßsortimente nach /20/.

Einrichtung		Funktionen	Entwurfskriterien
1	WNR-Gestell Ausf. Rangiersäule (Starkstromzelle)	Haupteinspeisung, Hauptsicherungen, Versorgungsenergieverteilung auf die MSR-Einrichtungen	In Großanlagen erforderlich; in Kleinanlagen in 4 integriert
2	WNR-Gestell Ausf. Rangiersäule	Schnittstelle für den Signalaustausch AA ⟷ EEA	vorwiegend durch Bauablauf bestimmt (z. B. Vorlauf EEA)
3	WNR-Gestell Ausf. Rangiersäule	Ablegen und Rangieren der AA-Prozeßsignale	vorwiegend durch Notwendigkeit redundanter konventioneller Einrichtungen für - Minimalprogramme - Hardwareredundanz - Schutzsysteme bestimmt
4	WNR-Gestell Ausf. Festrahmenzelle oder Gestell Nt 400	- Einspeisen von Netzgeräten (Meßumformer, Gleichrichter) - Stromkreisverteilung und -absicherung - Verstärken (Relais zur Schützansteuerung) - Entkoppeln, Potentialtrennung - externe Kontaktbelastung - Signalverzweigung - Signalaufbereitung (Ex)i	vorwiegend bestimmt durch: - Art des ergänzenden Automatisierungssystems - Antriebssteuerungsumfang - Anzahl (Ex)i-Signale - verwendete Klemmenart: . Lötverteiler . Reihenklemme . EGS-Klemmenblock

5	Schrankzelle oder WNR-Gestell Ausf. Festrahmenzelle bzw. Gestell Nt 400	Unterbringung von Einrichtungen und Elementen des Systems ursalog 4000 zur Informationsverarbeitung	vorgegebenes Redundanzkonzept

Tafel 8: Einrichtungen und Funktionen zur Prozeßkopplung in Basisstationen

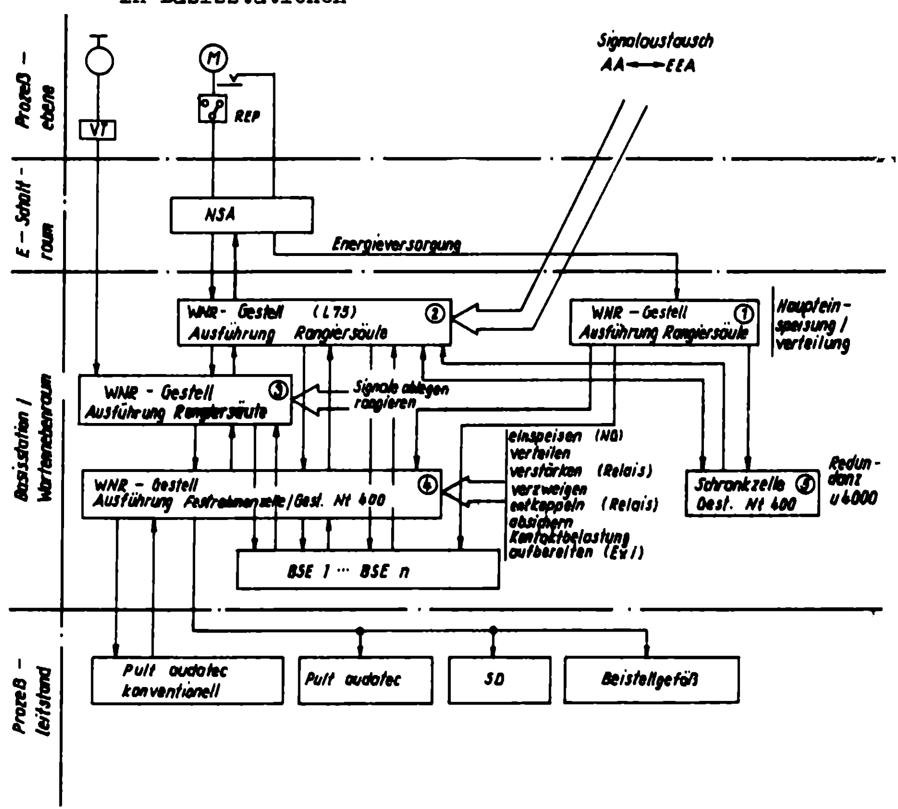


Bild 21: Koppeleinrichtungen in Basisstationen

<u>Raum- und Einrichtungsbedarf von Basisstationen</u>

Der Bedarf ist durch die vorgenannten Kriterien determiniert. Für den Grobentwurf können folgende Schätzwerte verwendet werden:

Anlagenkonzept	Verhältnis BSE/WNR-Gefäß
ohne Rangierverteiler ohne konv. Redundanz	1 : 1 + (1) * (Minimalvariante)
mit Rangierverteiler ohne konv. Redundanz	1 : 1,5 + (1) *
mit Rangierverteiler mit konv. Redundanz	1 : 2 + (1) * (Maximalvariante)

* (1 Starkstromzelle je BS)

Tafel 9: Grobabschätzung von WNR-Gefäßen für audatec-Basisstationen

Die Bilder 22 und 23 zeigen Aufstellungsvarianten und den Mindestflächenbedarf. Basisstationen sind grundsätzlich in Gebäuden mit Fundamenterder nach TGL 33 375 unterzubringen und sollten einen Doppelfußboden[1] zur Legung von Unterverbindungen und der Kabeleinführung in die BSE von unten haben. Weitere Aufstellungsbedingungen sind:

- unterbrechungsfreie Einspeisung aus zwei unabhängigen 220 V-Netzen, wenn der Prozeßablauf besonders hohe Verfügbarkeit verlangt
- Räume ohne Brand- und Explosionsgefahr
- Raumklima gemäß Einsatzklasse + 5/+ 40/+ 25/80//3105 (TGL 9200/03)
- EMV-Maßnahmen nach Abschn. 4.3.1.8.
- schwingungsfreie Aufstellung
- bei Konzentrationen mehrerer BSE' ist die Wärmeentwicklung von ca. 800 VA je BSE zu berücksichtigen
- BSE' müssen vorder- und rückseitig begehbar sein

Der zum Gesamtumfang des audatec-Hardwareprojektes gehörende Dokumentationsteil ist in /15/ ausführlich angegeben.

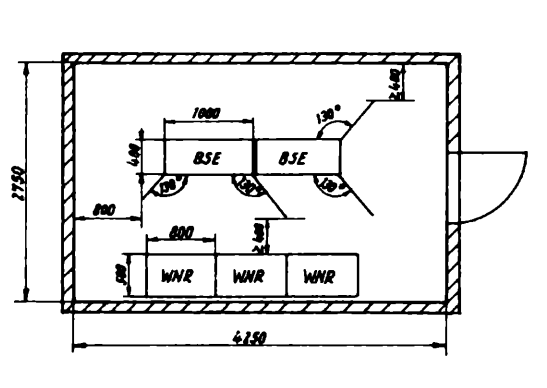
4.3.4. Das audatec-Softwareprojekt (Projekt Teil II)

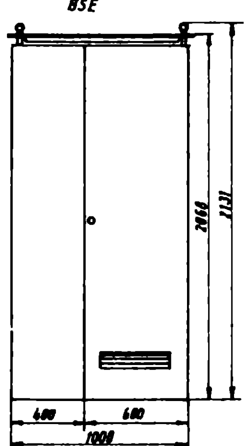
4.3.4.1. Aufgaben und Dimensionierungsprobleme

Gegenstand des Softwareprojektes ist die Programmierung der Verarbeitungsfunktionen auf den Ebenen 3 bis 5 (Bild 1 b) und die endgültige Gestaltung der Mensch-Maschine-Kommunikation. Auf der Basis der vorausgegangenen Hardwarebestimmung werden folgende wesentliche Entwurfs- und Dimensionierungsaufgaben untersetzt:

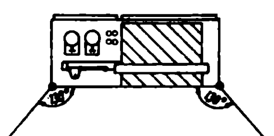
- Entwerfen der Strukturpläne für alle Verarbeitungsfunktionen (Strukturieren der Verarbeitungsketten und MMK-Funktionen)
- aus den Echtzeitbedingungen abgeleitete Festlegung der Tastzeit (TAZT Bild 27)
- Bestimmen der Trendanzahl je BSE
- Zusammenstellung der Übersichts- und Gruppendarstellungen

[1] vergl. Fußnote Seite 10

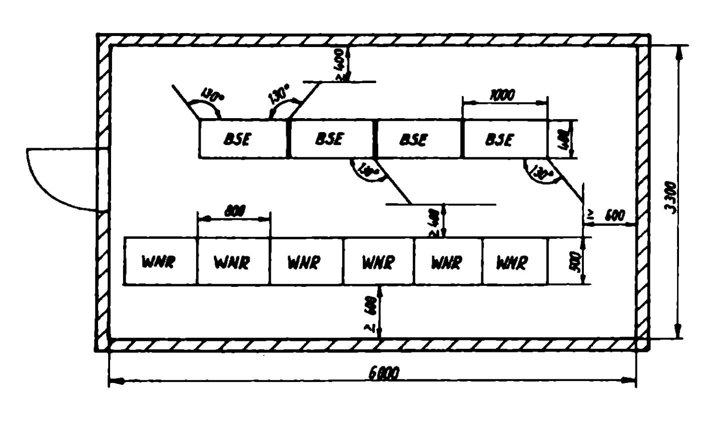


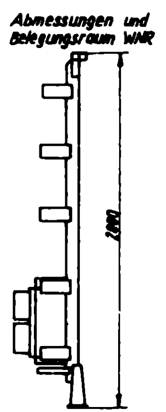


2 Basiseinheiten in Freiraumaufstellung
3 WNR-Gestelle in Wandaufstellung
benötigte minimale Aufstellungsfläche 11,7 m²



BSE – Basiseinheit
WNR – Wartennebenraumgestell
(Festrahmen bzw. Rangiersäule)





4 Basiseinheiten in Freiraumaufstellung
6 WNR-Gestelle in Freiraumaufstellung
benötigte minimale Aufstellungsfläche 19,8 m²

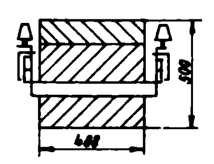
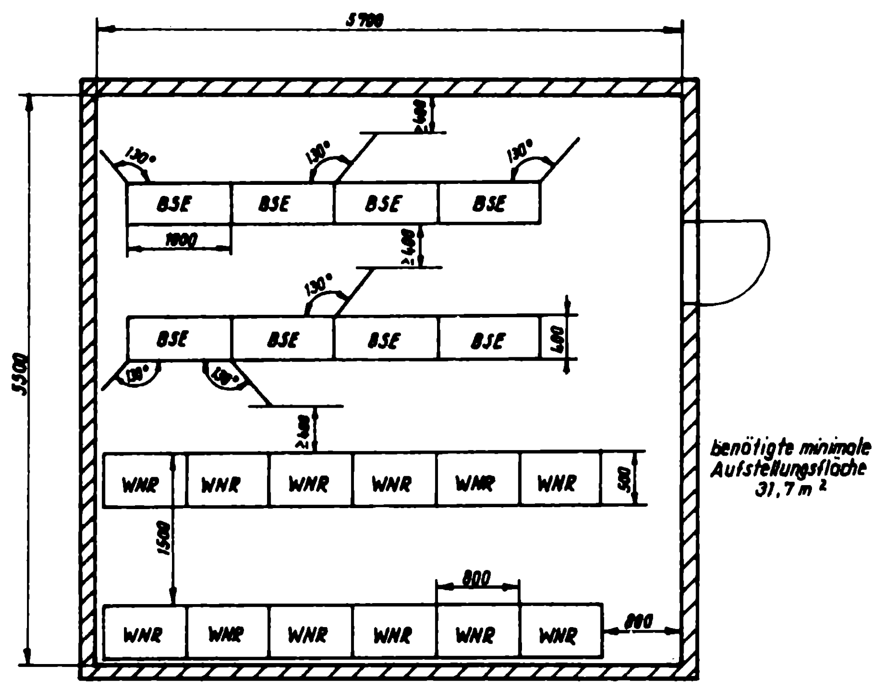


Bild: 22 Beispiel von Aufstellungsvarianten in Basisstationen



8 Basiseinheiten in Freiraumaufstellung
6 WNR - Gestelle in Freiraumaufstellung
6 WNR - Gestelle in Wandaufstellung

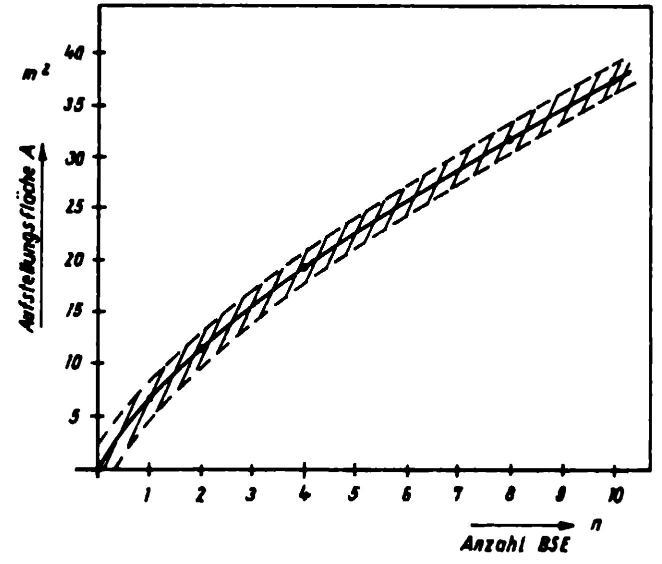


Bild: 23 audatec - Basisstationen
Mindestflächenbedarf

- Entwerfen der Wörterbuchbibliotheken
- Entwerfen der technologischen Fließbilder
- Entwerfen der Sondersoftwarefunktionen
- Reservefestlegungen

Der Strukturierrechner bilanziert die eingegebenen Verarbeitungsfunktionen nach Rechenzeit- und Speicherplatzbedarf. Der Projektant erhält damit erst in Phase 12 (Bild 7) das endgültige Dimensionierungsergebnis.

4.3.4.2. Systematisierung der Entwurfsaufgaben

Die Projektierung der digitalen Prozeßdatenverarbeitung im System audatec erfolgt durch Strukturieren von Basismodulen des Firmwareprogramms zu Verarbeitungsketten. Im Ergebnis der Strukturierung entstehen Strukturpläne. Ihr wesentlicher Inhalt ist:

- die Verarbeitungsfunktion
- die Kommunikationsfunktion
- die Schnittstellendarstellung zwischen BSE-Hard- und -Software

Große Automatisierungssysteme sind in der Regel Unikate. Dennoch zeigt die Praxis, daß innerhalb der jeweiligen Systeme Grundstrukturen existieren, die aufgrund einheitlicher Funktions- und Gestaltungsanforderungen die sonst mögliche Lösungsvielfalt einschränken. Dieser Umstand ist Ausgangsüberlegung für den Entwurf typisierter Strukturpläne, mit dem die Softwareprojektierung beginnt. Ziel der Bemühungen sind typisierte Strukturpläne für alle 6 KOMS-Grundtypen, die jeder Bearbeiter als Elemente seiner zu entwerfenden Strukturen verwendet und modifiziert. Die im Abschn. 5. dargestellten Ausführungsbeispiele sind auf der Basis anlagenbezogen entworfener Typenpläne entstanden.

Zu den wichtigen Grundsatzüberlegungen für die Gestaltung der Kommunikationsfunktionen in einem großen audatec-System gehört die Konzeption einer systematischen und durchgängig einheitlich gestalteten Informationsdarstellung von Binärzuständen. In den Funktionsablauf der etwa 500 Antriebssteuerungen der Anlage greifen vielfältige Signale und Prozeßzustände ein, deren Verlauf und Ursache dem Anlagenfahrer besonders unter dem Aspekt der unkomplizierten Störungsdiagnose so eindeutig und übersichtlich wie möglich darzubieten sind.

Während der äußere Rahmen für die Informationsdarstellung einer KOMS im audatec-System durch die sechs standardisierten Grundtypen

KOM AS	analoge Messungen und Regelungen mit stetiger (AS)
KOM AU	oder unstetiger (AU) Stellausgabe

KOM Z	Zähler für Bilanzierungsaufgaben

KOM BG	binäre Geber

KOM BA	binäre Aggregate (Antriebssteuerungen)

KOM LEIT	Leitfunktionen

festgelegt ist /12/, kann die innere Form der Darstellung besonders bei den drei letztgenannten KOM-Typen mit großer Flexibilität gestaltet werden. Im betrachteten Anwendungsfall wurde der Signaldarstellung in den KOM BA wegen der Anforderungsvielfalt deshalb besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Die Notwendigkeit der objektgebundenen Systematisierung leitet sich auch daraus ab, daß Standardisierungsgrundlagen zur funktionsbezogenen Kennzeichnung von Anzeige- und Bedienelementen, wie sie z. B. für konventionelle Systeme mit TGL 13 097 und 30 108 vorliegen, für PLS nicht existieren.

Tafel 10 zeigt in einer Übersicht die Systematisierung für

- Zeichencodierungen bei der Feldbeschriftung
- Farbcodierung zur prioritätsgewichteten Kennzeichnung von Signalzuständen
- Platzcodierung gleicher Feldinhalte in wiederkehrender Reihenfolge

Signalgeber	Signalursache	Signal-bezeichnung	Signal-farbe	Signal-ausgabe
Reparatur-schalter	Handfahrweise vor Ort	ORT	gelb	Feld im Grenzwert-byte 1)
Hand-Autom.-Umschalter im back up-Pult	Übernahme der Bedienfunktionen durch das back up-System	BAC	gelb	"
Schützkontakt, Zeitglied	Störung, Schützrückmeldung bleibt aus	GST	cyan	"
Endschalter, Zeitglied	Laufzeitüberschreitung	LZU	gelb	"
Nottaster, Reißleine	Notabschaltung	NOT	rot	"
Rückschlag-klappe	Pumpe läuft nicht	RSK	cyan	"
Füllstandsgeber	Pegelstand unterschritten (Trokkenlaufschutz)	TLS	rot	"
Schützkontakt	Betriebsstundenzählung Zählerüberlauf	BHZ	grün	Feld für freie Parameter, Grenzwert-byte 2)
Druckmeßgerät	Grenzwertabweichung	EG 1 EG 2	grün	Lampenfeld im Geber-status-byte 3)
Füllstandsmeß-gerät	Schaltpunkte für Antriebe	MAX MIN	grün	"

1) strukturierbar: Alarmfarbe in drei Prioritätsstufen und grün (ohne Alarmsignal)

2) Anzeige in 7 verschiedenen Datenformaten (z. B. binär, ganzzahlig, dezimal)

3) gesetztes Feld leuchtet invers

Tafel 10: Systematisierung von Signaldarstellungen

Mit dem dargestellten Lösungskonzept konnte erreicht werden, daß gleiche Signalursachen durchgängig einheitlich codiert (Zeichen, Farbe) und durch Zuweisung gleicher Bitmuster in gleichen Lampenfeldern ausgegeben werden. Über das Grenzwertbyte des audatec-Systems lassen sich drei Prioritätsfarben und die Farbe grün strukturieren. (Vorzugsweise werden die Farben cyan (cy), rot (rt) und gelb (ge) verwendet.)Da die Systemalarme (innere Störungen des Automatisierungssystems) aber grundsätzlich in cy ausgegeben werden, sollte beim Entwurf von Anlagen auch entschieden werden, ob cy aus der Codierung technologischer Störzustände herausgelassen werden kann, um dadurch eine eindeutige Abgrenzung zwischen Prozeß- und Systemmeldungen zu erreichen.

4.3.4.3. Entwerfen der Wörterbuchbibliothek

Die im System audatec zur Bildschirmkommunikation für die Einzel-KOMS, Gruppen-, Übersichts- und Alarmdarstellungen benötigten alphanumerischen Texte werden in Wörterbuchbibliotheken abgelegt /6/. Für die einzelnen Datenlisten ist ein jeweils begrenztes Speicherplatzangebot verfügbar. Die für die einzelnen MMK-Funktionen benötigten Texte werden durch das Programm aus den Datenlisten abgerufen. Durch Mehrfachnutzung von Werten kann eine besonders für große Systeme bedeutsame Speicherminimierung projektiert werden. Die Wörterbuchbibliothek entsteht auf der Basis der AST-Unterlagen (Technologische Schemata, MSR-Stellenlisten, Funktionsschemata, Übersichtsdarstellung) /15/. Die widerspruchsfreie Kennzeichnung in diesen Unterlagen ist ein wesentlicher Gesichtspunkt für die rationelle Gestaltung der Textvorgaben. Die Wörterbuchlisten sind mit Ausnahme der Übersichts- und Meßgruppenbezeichnungen in Festwertspeichern abgelegt (EPROM). Neben der widerspruchsfreien Textvorgabe ist deshalb auch die vorausschauende Wortauswahl für beabsichtigte Systemerweiterungen wichtig. Bild 24 zeigtden Ausschnitt aus einem Wörterbuch WRT 8 mit Wortlängen zu je 8 Zeichen. Das Wörterbuch enthält 254 Wörter, die sich auch zu längeren Bezeichnungen zusammenstellen lassen (maximale Textlänge 29 Zeichen einschließlich Leerzeichen). Die alphabetische Textfolge erleichtert das Aufsuchen eines Wortes bei der Strukturierung.

4.3.4.4. Entwerfen technologischer Fließbilder (Anlagenbilder)

Das PLS audatec bietet zur Unterstützung der MMK-Funktionen in der Bildschirmwarte die Darstellungsmöglichkeit abgegrenzter Verfahrensabschnitte oder Einrichtungen in der Form farbiger quasigrafischer technologischer Fließbilder. Die Bilder bestehen aus einem statischen Bildrahmen und dynamischen Bildeinblendungen zur Darstellung des aktuellen Prozeßverlaufs von 25 unterschiedlichen Informationen je Bild. Der Zeichenvorrat, aus dem sich der Bildinhalt auf einem Zeichenraster im Bildformat 30 Zeilen x 64 Spalten des Monitors zusammensetzen läßt, besteht aus 256 Zeichen, von denen 193 standardisiert und 63 variabel (frei entwickelbar) sind. Jedes der 30 x 64 Raster (Bildpunkt) setzt sich aus 7 x 9 Rasterpunkten (1 Zeichen) zusammen. In der hier vorgestellten Anlage ist (vergl. Bild 14) je Arbeitspult A, B, D die Darstellung von 3 bis 4 und auf dem speziell für Fließbilder entworfenen

AUFTRAG 951/5-1 9980 BSE 1

STP WB 3 8Z /254 WRT8 SEITE 1

0	1. 1-SHY1	26	B5. 3/5. 4	52	KKT50/1	78	SCHUETZ
1	1. 2-SHY2	27	B6. 1/6. 2	53	KKT50/2	79	SCHMUTZ
2	1. 3-SHY3	28	B6. 3/6. 4	54	KOND1	80	SICHER
3	1. 4-SHY4	29	BELB 2-6	55	KOND2	81	SPANNUNG
4	2. 1-SHY5	30	BHAELTER	56	KRAEL1	82	SPIEGEL
5	2. 2-SHY6	31	BRENNER	57	KRAEL2	83	STOERUNG
6	2. 3-SHY7	32	BUCHHOLZ	58	KREISEL	84	STELLUNG
7	2. 4-SHY8	33	CHEMIK.	59	KRUEMMER	85	TROCKNER
8	3. 1-SHY9	34	CHLORBEH	60	LEITKOM	86	TS-BEL3
9	ABLEITER	35	DREHZAHL	61	LEITUNG	87	TS-STAB
10	ANLASSER	36	DRUCKS.	62	LEISTUNG	88	UMFORMER
11	ANALYSE	37	EINLASS	63	LOESUNG	89	UMSCHALT
12	ANLAGEN	38	EINLAUF	64	LUEFTER	90	VORLAUF
13	ANREGUNG	39	ENERGIE	65	MELDUNG	91	WARNUNG
14	AUSGANGS	40	ERZEUGTE	66	MESSUNG	92	WECHSEL
15	AUTOMAT.	41	FAULGAS	67	OELFILT	93	WICKLUNG
16	ANZEIGE	42	GASDRUCK	68	OELPUMPE	94	WR-INFO
17	B1. 1/1. 2	43	GASMENGE	69	PH-MESS	95	WW-VORL.
18	B1. 3/1. 4	44	GEBLAESE	70	PKS 300	96	ZELLE3
19	B2. 1/2. 2	45	GEFAESS	71	RAEUMER	97	ZELLE13
20	B2. 3/2. 4	46	GEHAEUSE	72	RAUMLUFT	98	ZULEITER
21	B3. 1/3. 2	47	GERINNE	73	RECHNER	99	ZENTRIF1
22	B3. 3/3. 4	48	GFR 1-4	74	SANDFANG	100	ZENTRIF2
23	B4. 1/4. 2	49	GS/WS/DS	75	SCHALTER	101	ZENTRIF3
24	B4. 3/4. 4	50	HILFSOEL	76	SCHIEBER	102	ZENTRIF4
25	B5. 1/5. 2	51	INTERNE	77	SCHLAMM	103	ZENTRIF5

Bild 24: Wörterbuchausschnitt aus WRT 8

Pult C die Darstellung von max. 30 FB möglich. Technologische Fließbilder können ihren Aufgaben nur dann gerecht werden, wenn zwischen den Anforderungen der AST und den Darstellungsmöglichkeiten des Systems ein optimaler Kompromiß gefunden wird. Die Lösung setzt deshalb voraus:

- gründliche Kenntnisse über das technologische Verfahren und
- über das Spektrum der Darstellungsmöglichkeiten

Ist der Gesamtbedarf an FB abgeschätzt, muß in enger Zusammenarbeit zwischen dem AG und dem Betreiber (er muß später mit diesen Bildern arbeiten!) ein Grobentwurf erarbeitet werden. Für den weiteren Ablauf hat es sich als zweckmäßig erwiesen, schon bei diesem Bearbeitungsschritt Grundsätze an die Systematisierung des Entwurfs anzulegen. Dazu gehört:

- Beschränken der Vielfalt geometrischer Figuren
- Darstellung nur solcher Einrichtungen und Informationen, die für den Prozeßverlauf relevant sind
- Verzicht auf unwesentliche Details (das Bild nicht überladen)
- einheitliche Wahl und Farbcodierung der Produktströme
- Vermeiden starker im Bild dominierender Kontrastfarben

- Systematisierung der Stelleinrichtungen (z. B. Ventile, Fördereinrichtungen, Pumpen, Zentrifugen, Antriebe)
- Systematisierung der Codierung von Statusmeldungen (Lauf, Stillstand, Endlagen) o. g. Einrichtungen über dynamische Informationen
- sorgfältige Auswahl der je Bild notwendigen dynamischen Einblendungen (Überladung vermeiden)
- Festlegen von Sonderzeichen

Der Grobentwurf ist Grundlage für die Arbeit am Strukturierarbeitsplatz. Dort beginnt danach die eigentliche Gestaltungsarbeit am Bildschirm, die erst die Bildwirkung und damit die Brauchbarkeit des Entwurfs offenbart. Hier ist eine enge Zusammenarbeit mit dem Betreiber von größtem Vorteil.

Bild 25 zeigt den Fließbildentwurf zur Darstellung des Prozeßablaufs in einem Faulbehälter des Klärwerks. Das Bild besteht aus einem statischen Bildrahmen mit den Behälterumrissen und den zu- und abfördernden Rohrleitungen und Stellgliedern. Der dynamische Bildinhalt umfaßt 16 Informationen. Das Informationsanliegen der Bilddarstellung läßt sich auf folgende Aussagen reduzieren

- Überblick über den Gesamtzustand des im quasikontinuierlichen Betrieb verlaufenden Prozesses (Füllen, Leeren, Umwälzen)
- Beobachtung einzelner Prozeßgrößen (dynamische Information)
- Statusmeldung für Schieberstellungen und Umwälzpumpe (dynamische Information)
- Bedienen der Umwälzpumpensteuerung

Dem Bildentwurf gingen folgende Überlegungen voraus:

- einfacher und einheitlicher statischer Bildrahmen für die insgesamt vier Fließbilddarstellungen der vier Faulbehälter
- einheitliche Zeichenauswahl von Stellgliedern und Pumpen
- einheitliche farbliche Kennzeichnung der Produktströme
- einheitliche Farbcodierung der Stellglied- und Pumpenstellungen, z. B.
  - Stellglied in Leitungsfarbe ≙ AUF
  - Stellglied weiß ≙ ZU

Die Bilder 41, 42 und 44 zeigen die im betrachteten System entworfenen Fließbilder einer Gebläseverbundeinheit und eines Einzeleindickers. Die auf den Bildern mit Großbuchstaben ausgeleuchteten Felder mit dynamischen Bildinformationen können über Dialoganwahl (untere Bildzeile) direkt am Fließbild manipuliert werden. Es ist damit auch möglich, Leitfunktionen direkt am Fließbild zu bedienen, wenn der LEIT-KOM in das Bild integriert wird.

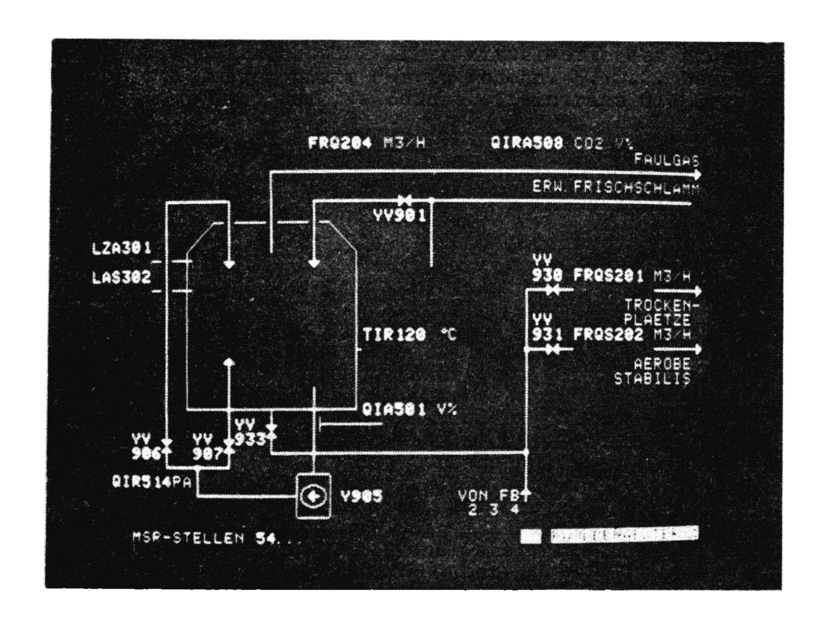


Bild 25: Fließbildentwurf Faulbehältersteuerung

Die Anzahl der in ein audatec-System implementierbaren Fließbilder wird wesentlich durch die Bildgestaltung beeinflußt. Ein Standard-PSR verfügt für die Fließbilddarstellung über einen Speicherbereich von 4 K Byte. Der Speicherbedarf eines Bildes setzt sich aus dem Bedarf des Bildrahmens und dem der Bilddynamik zusammen. Die im vorliegenden Heft dargestellten Bilder haben folgenden Speicherbedarf:

		Speicherbedarf in K Byte		
Bild	Seite	statischer Bildrahmen	dynamische Bildinformationen	Gesamtbedarf
25	22	1115	149	1264
41	43	597	236	833 [1]
42	44	800	100	900
44	46	1200	265	1465

Der durchschnittliche Speicherbedarf eines Anlagenbildes lag im betrachteten Objekt bei etwa 800 K Byte.

[1] Speicherplatzminimierung durch einfachen Bildrahmen und Bildwiederholspeicher (Bild wird 5x benötigt)

5. Ausgewählte Lösungsbeispiele

5.1. Entwerfen von Übersichtsbildern

Das Prinzip der Informationsdarstellung im audatec-System wurde in den Bildern 1 c und 14 bereits erläutert. In Bild 26 ist eine Übersichtsbilddarstellung ÜD aus dem betrachteten Einsatzbeispiel angegeben.

Bild 26: Übersichtdarstellung von Klärwerksprozessen

Das audatec-System läßt 8 solcher Darstellungen zu je 30 Gruppen mit je 8 KOMS in beliebiger Redundanz zu.

Die Übersichtsdarstellung demonstriert anschaulich ein Beispiel für die neue Qualität der Informationsdarstellung von Prozeßzuständen mit dem System audatec. Während sich in konventionellen Systemen der Überblick über zusammenhängende Komplexe nur höchst unzulänglich durch gemeinsame Anordnung von Melde-, Anzeige- und Registriereinrichtungen in statischer Kombination auf benachbarten Meßwartenfeldern gewinnen läßt, ist in der audatec-ÜD prinzipiell jede denkbare Gruppenkombination möglich.

ÜD haben im wesentlichen die Aufgabe

- mit einem Blick bei Routineabfragen den qualitativen Anlagenzustand größerer Anlagenkomplexe beurteilen zu können.
  Als Orientierungshilfen dienen die Farbe, (grün ≙ Normalzustand; gelb, rot, cyan ≙ Alarmzustand) der Ausschlag des Analogwertes einer KOMS (senkrechter Balken) und der Betriebszustand eines Antriebes (z. B. EIN = I, HALT = ≡, AUS = Ø). Die einzelne KOM-Stelle bleibt im Bereich ihrer Gruppe anonym.

- das Auffinden einer interessierenden KOMS-Gruppe zu erleichtern

Am Beispiel der Gruppe KABL 003 können z. B. folgende Informationen entnommen werden:

- normierte Auslenkung jedes einzelnen der acht Analogwerte in positiver oder negativer (4. KOMS) Richtung
- Farbumschlag der Gruppenbezeichnung (Text KABL 003) in der strukturierten Alarmfarbe (ge, rt, cy) bei Alarm
- Hinweis auf die zur detaillierteren Abfrage aufzusuchende Gruppe in der unteren Bildreihe bei Alarm
- Blinkzeichen vor der Gruppenbezeichnung bei Alarm

Die Gruppe 003 ist im Bild 37 als Einzelgruppe dargestellt.

Über den Zustand binärer KOMS (Gruppe GBL 2 016) lassen sich z. B. folgende Informationen gewinnen:

1. KOMS   KOMS steht in Betriebsart HND, Istwert nicht durchgeschaltet

2. KOMS   LEIT-KOM befindet sich in Betriebsart HND

3. ...
7. KOMS   im KOM BG ist ein Feld gesetzt

Die Alarminformationen entsprechen dem o. a. Beispiel. Näheren Aufschluß über das detailliertere Verhalten der Gruppe gibt Bild 46.

Die im Bild 26 gezeigte Zusammenstellung ist eine in der AST vom AG gewählte Ausgangskombination. Im praktischen Anlagenbetrieb ergeben sich gewöhnlich neue Aspekte von Übersichtsdarstellungen. Das audatec-System ermöglicht deshalb während des Betriebes:

- die Änderung der ÜD-Bezeichnung
- die Änderung der GD-Bezeichnungen
- die beliebige Kombination und Neuordnung aller GD und KOMS in den ÜD

Die Prozeßbedienung ist mit dieser Darstellungsform nicht vorgesehen.

Nr.	Name	Änderung	Nr.	Name	Änderung	Auftraggeber: VEB Projektierung Wasserwirtschaft		Name	Datum	KOMMUNIKATIONSSTELLENLISTE KOM TYP: binär Aggregat BA
							Bearb.	Meier	01.10.84	
							Prüfg.			AST / VA / AST-AP / AP

Technologische Bezeichnung POM	Meß-gruppe	Alarm-gruppe	Anlagen-bild	auf WR	BAM	Ø	*	I	LA Ø	LA 1	LA 2	LA 3	LA 4	LA 5	LA 6	Grenzwert-meldung	Freie Parameter Bezeichnung Format Dimension	TAZT	Bemerkungen
YV 63925 Pumpe 1 Pumpensatz III	400 406 416	400	21	—	5,4,2,Ø	Aus gn	—	EIN ws	MAX	MIN	—	—	—	—	—	GST; ORT CY ge BAC, RSK ge rt TLS, BHZ rt ge	FP1 BHZ 0Z4 H	1/3 s	Die Schaltpunkte MAX und Min (PC 634Ø2) sind als Eingriffe EG1, EG2 auf den Lampenfeldern anzuzeigen

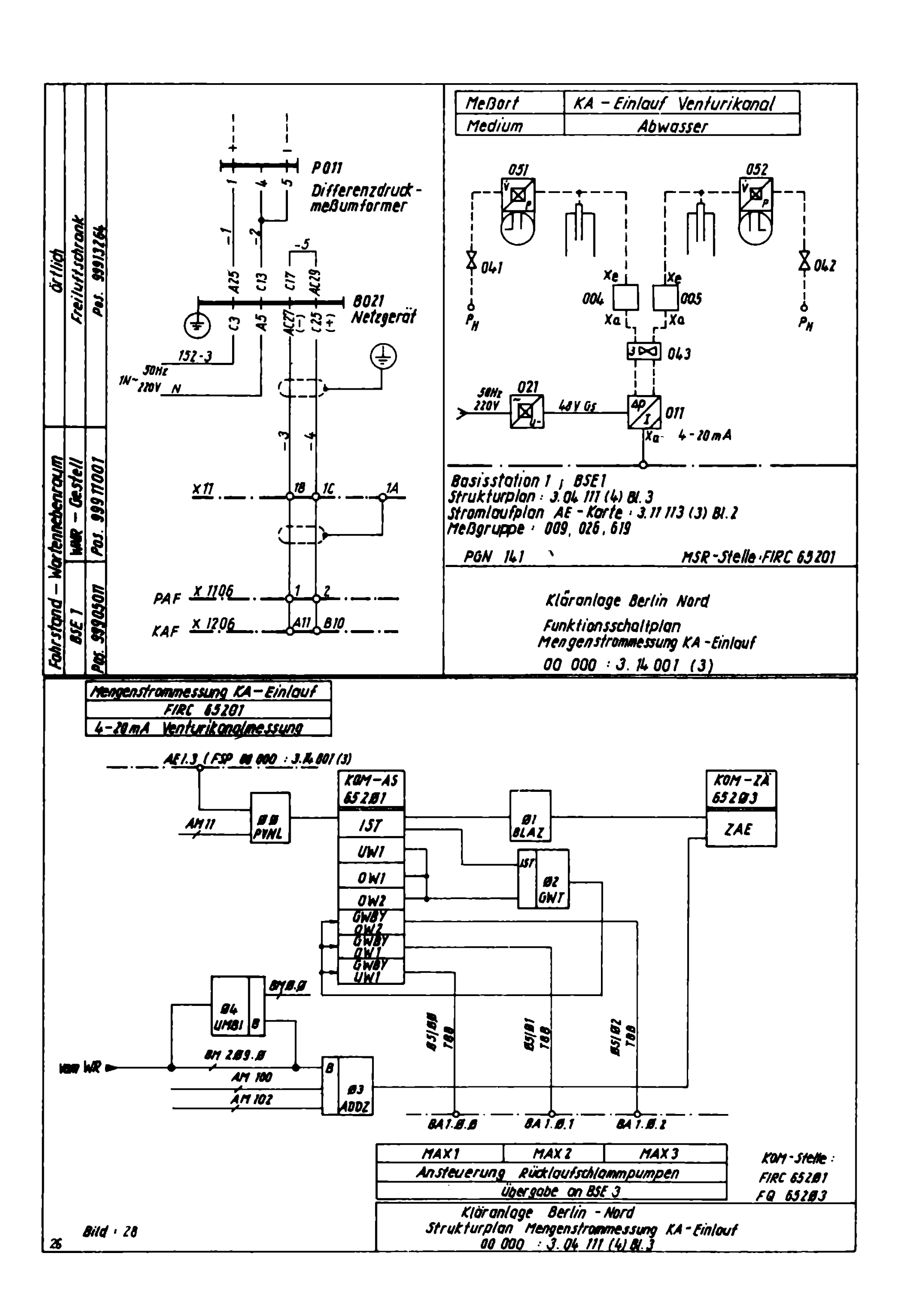
audatec	Objekt: Kläranlage Berlin-Nord	Auftrags-Nr.: 000/0-0.0001	Blatt-Nr.: 24.Ø.1

Nr.	Name	Änderung	Nr.	Name	Änderung	Auftraggeber: VEB Projektierung Wasserwirtschaft		Name	Datum	KOMMUNIKATIONSSTELLENLISTE KOM TYP: analog stetig AS
							Bearb.	Meier	06.11.84	
							Prüfg.			

Technologische Bezeichnung POM	Meß-gruppe	Alarm-gruppe	Anlagen-bild	auf WR	BAM	SOLL UEMA	ANBE ANZA	MB OIM	UW2	UW1	OW1	OW2	Trend	TAZT	Bemerkungen
FIRC 65201 Volumenstrom KA-Einlauf	009 026 619	009	1	IST	6,Ø	—	Ø 1	1 21 TM3	—	5	6	12	ØØ:24:ØØ	1 s	Der IST-Wert ist zu bilanzieren und als FQ 65203 in einen Zähler-Kom einzutragen

audatec	Objekt: Kläranlage Berlin-Nord	Auftrags-Nr.: 000/0-0.0001	Blatt-Nr.: 24.1.1

Bild 27: Kommunikationsstellenliste Pumpensatzsteuerung und Volumenstrommessung



örtlich
Freiluftschrank
Pos. 99913264
Fahrstand – Wartennebenraum
BSE 1
WAR – Gestell
Pos. 99911001
Pos. 9990501
P 011
Differenzdruck-
meßumformer
B 021
Netzgerät
152-3
50Hz
1N~ 220V N
X 11
PAF
X 1106
KAF
X 1206
Meßort
KA – Einlauf Venturikanal
Medium
Abwasser
051
052
041
042
004
005
043
021
011
48 V Gs
4-20 mA
Basisstation 1 ; BSE 1
Strukturplan : 3.04 111 (4) Bl. 3
Stromlaufplan AE-Karte : 3.11 113 (3) Bl. 2
Meßgruppe : 009, 026, 619
PGN 141
MSR-Stelle FIRC 65201
Kläranlage Berlin Nord
Funktionsschaltplan
Mengenstrommessung KA-Einlauf
00 000 : 3. 14 001 (3)
Mengenstrommessung KA-Einlauf
FIRC 65201
4-20 mA Venturikanalmessung
AE 1.3 (FSP 00 000 : 3.14 001 (3)
KOM-AS
65201
IST
UW1
OW1
OW2
GWBY OW2
GWBY OW1
GWBY UW1
00 PVNL
AM 11
01 BLAZ
02 GWT
KOM-ZÄ
65203
ZAE
04 UMBI
03 ADDZ
vom WR
AM 100
AM 102
BA 1.0.0
BA 1.0.1
BA 1.0.2
MAX 1
MAX 2
MAX 3
Ansteuerung Rücklaufschlammpumpen
Übergabe an BSE 3
KOM-Stelle :
FIRC 65201
FQ 65203
Kläranlage Berlin-Nord
Strukturplan Mengenstrommessung KA-Einlauf
00 000 : 3.04 111 (4) Bl. 3

Bild : 28

5.2. Messung der Zulaufmenge des Klärwerks (KOM-AS)

Der in das Klärwerk einlaufende Abwasserstrom beeinflußt als Führungsstrom den gesamten Prozeßverlauf. Die Prozeßgröße wird über eine Venturikanalmessung mit pneumatischer Hilfsenergie (Perlrohrprinzip) erfaßt und sowohl BSE-intern als auch über Datenquerverkehr auf weitere Verarbeitungsfunktionen verzweigt (Prozeßsteuerung Abschn. 5.10., Protokollierung, Bilanzierung).

Der Datenquerverkehr über den BUS ist in diesem Fall unvermeidbar, da Verarbeitungsfunktionen in mehreren BSE in verschiedenen BS auf diese Prozeßgröße zurückgreifen. Er wird über den Wartenrechner WR abgewickelt.

Die Bilder 27 und 28 zeigen die im Rahmen der AST erforderlichen Eingangsinformationen (KOMS-Stellenliste) und die in der Projektierung entstandenen Dokumentationen Funktionsschaltplan und Strukturplan zur Umsetzung der Funktionen.

5.3. Einzeldarstellung eines Prozeßparameters mit Trendverlauf (KOM-AS)

Bild 29 zeigt den Bildschirminhalt eines KOM AS mit Trenddarstellung am Beispiel einer Öldruckmessung vor dem Gebläse. Trenddarstellungen können strukturiert werden, um den Parameterverlauf über 60 diskrete Zeiteinheiten (1 ... 6 h) x 60 Werte zurückverfolgen zu können. Jede BSE kann 31 Trends verarbeiten. Der Bildschirminhalt läßt sich auf Hardcopy übernehmen. Die einfache Verarbeitskette entspricht etwa der Struktur nach Bild 28.

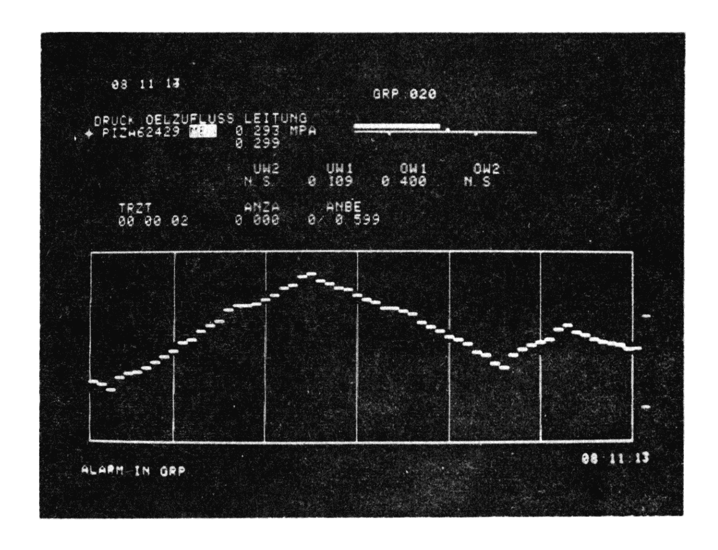


Bild 29: Bildschirmdarstellung KOM-AS PIZA 62429 Öldruck GBL 2

5.4. Mittelwertbildung (KOM - AS)

Die Berechnung von Mittelwerten aus einer interessierenden Anzahl analoger Eingangsgrößen ist ein häufig zu lösendes Problem der Meßwertverarbeitung. Im behandelten Beispiel bestand diese Aufgabe z. B.:

- bei der Berechnung mittlerer Temperaturen in den Faulbehältern
- bei der Ermittlung der mittleren Sauerstoffkonzentrationen in den Belebungsbecken der Kläranlage

Das technologische Problem ist in Bild 47 dargestellt. Die im Abschn. 5.10.2. weiter erläuterte Sauerstoffeintragsregelung kann wegen der in den großen Beckenvolumina auftretenden Konzentrationsunterschiede (System mit verteilten Parametern) nach einem Einzelwert nur unzureichend beurteilt werden. Zur Prozeßsteuerung und zur Beurteilung des laufenden Sauerstoffversorgungszustands werden deshalb eine Reihe von Mittelwerten gebildet. Die Aufgabe betrifft sowohl jedes Einzelbecken als auch den gesamten Beckenblock.

Die Prinziplösung ist am Beispiel des Strukturplans Bild 30 dargestellt.

In den beiden KOMS 425Ø9 und 4251Ø wird als IST-Wert der gemessene Sauerstoffgehalt in einem Doppelbecken angezeigt (Meßelektroden vom Typ AM 211). Die KOMS wurden so strukturiert, daß die Betriebsarten Messung (MES) und Hand (HND) im Dialogbetrieb am Pult wählbar sind.

Folgende Verarbeitungsfunktionen werden realisiert:

MES - Istwert der KOM-Stelle geht in die Mittelwertbildung ein

HND - Istwert der KOM-Stelle geht nicht in die Mittelwertbildung ein

Der Mittelwert wird durch die strukturierte Verarbeitungskette aus den 2 Meßwerten (KOM 42509, KOM 42510) gebildet und im KOM 42534 als IST-Wert angezeigt. Dieser Wert ist der IST-Wert für die nachfolgende O_2-Regelung.

Wächst die Differenz zwischen den zwei Meßwerten eines Beckens über den Betrag von 0,5 mg/l an (Werte sind über Dialog im Rahmen der Prozeßkommunikation parametrierbar), meldet die KOMS des kleineren Wertes im Grenzwertbyte die Störung (UW 1).

Meßwertverfälschungen infolge Alterung oder Verschmutzung der Geberelektroden lassen sich dadurch schnell erkennen.

Erkennt das Verarbeitungsprogramm über den Primärverarbeitungsmodul PVLI einen nicht sinnfälligen Meßwert, so wird dieser von der Mittelwertbildung ausgeschlossen und das Programm arbeitet mit dem verbleibenden Meßwert. Der Ausfall wird in der KOMS durch dessen Grenzwertbyte gestört (GST) gemeldet. Zugleich signalisiert auch die KOMS 42534 den Ausfall der Mittelwertbildung (GST).

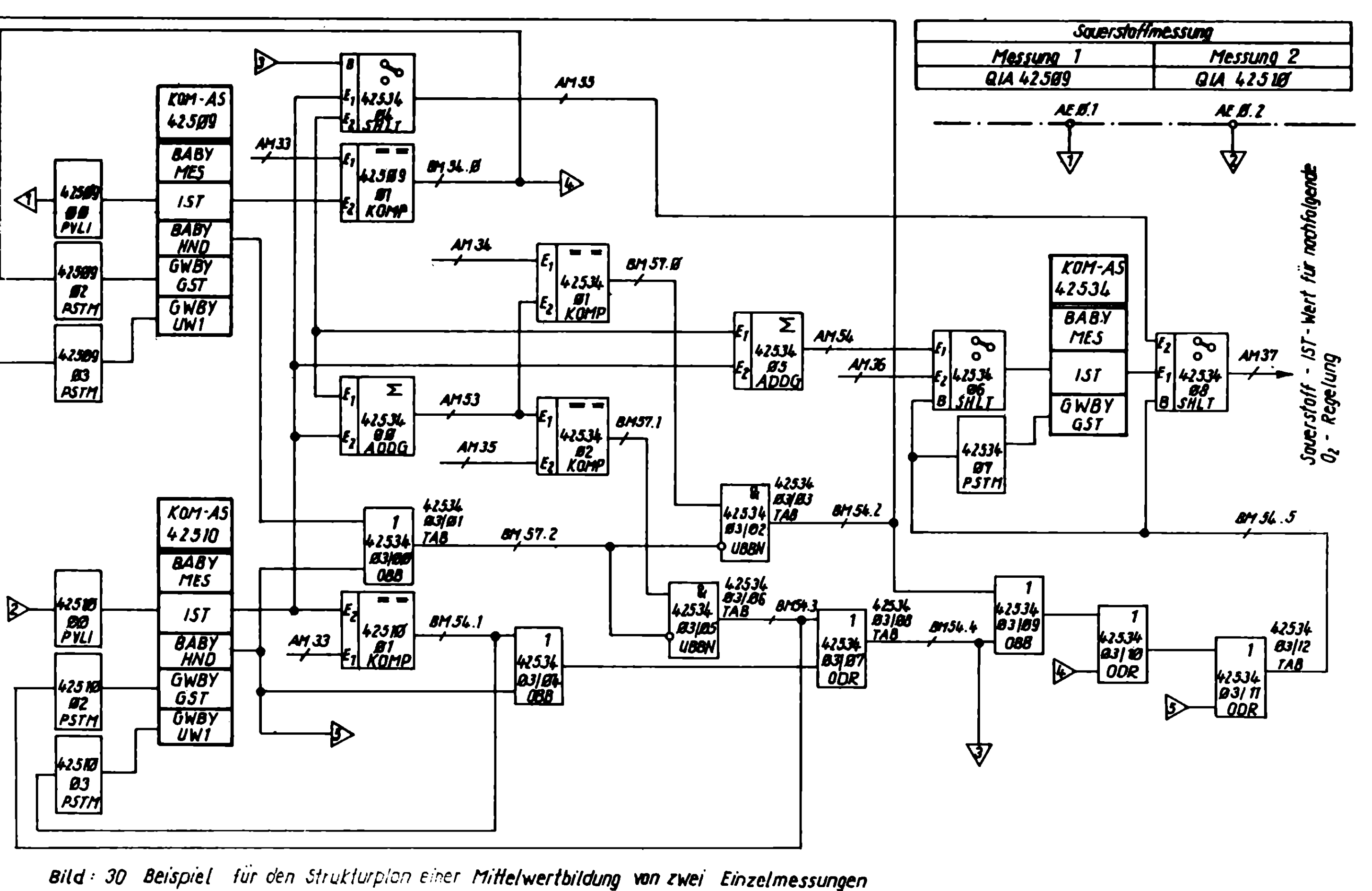


Bild : 30 Beispiel für den Strukturplan einer Mittelwertbildung von zwei Einzelmessungen

Durch weitere Verarbeitung aller Mittelwerte der Einzelbecken wird dem Verarbeitungsprogramm der im Abschn. 5.10.2. beschriebenen statischen Optimierung des Sauerstoffeintrags die Regelgröße bereitgestellt.

5.5. Strukturredundante Meßwerterfassung (KOM-BG) und Signalausfallüberwachung

Einen Anwendungsfall für den Aufbau zuverlässigkeitserhöhender Strukturen mit dem audatec-System zeigt das folgende Beispiel. Die Aufgabe besteht in der strukturredundanten Erfassung und Überwachung von zwei Binäreingangssignalen zur Prozeßsteuerung der Gebläseverbundeinheit nach Abschn. 5.9.3. Die beiden Binärgeber melden die Einschaltbereitschaft der USK für den automatischen Hochlauf der Gebläseverbundeinheit. Den Strukturplan zur Lösung dieser Aufgabe zeigt Bild 31. Die Einschaltbereitschaft der USK wird durch einen Wechsler signalisiert (Signal 1 entspricht dem Status einschaltbereit, Signal 0 nicht einschaltbereit). Die Signalübergabe ist redundant vorhanden (Geber 1: BE ØØØ und BE ØØ1, Geber 2: BE ØØ2 und BE ØØ3). Im störungsfreien Betrieb laufen die Signale beider Geber auf die gleichen Felder im Geberstatusbyte des KOM-Blocks (GSBY: EBE EIN bzw. GSBY EBE AUS). Im Störungsfall wird der betroffene Geber abgeschaltet und als gestört gemeldet. Der redundante Geber (dynamische Redundanz) übernimmt die Funktion allein. Die nachstehenden Störfälle werden durch das strukturierte Programm ausgewertet:

Störung	Eingangssignal	Auswertung
Drahtbruch Geber 1	0-Signal an BE ØØØ und BE ØØ1	Meldung ST 1 durch GWBY (Grenzwertbyte)
Kurzschluß Geber 1	1-Signal an BE ØØØ und BE ØØ1	Meldung ST 2 durch GWBY
Drahtbruch Geber 2	0-Signal an BE ØØ2 und BE ØØ3	Meldung ST 3 durch GWBY
Kurzschluß Geber 2	1-Signal an BE ØØ2 und BE ØØ3	Meldung ST 4 durch GWBY
beide Geber gestört	identischer Eingang an jeweils einem Geberpaar	keine Meldung EBE möglich Meldung GST durch GWBY

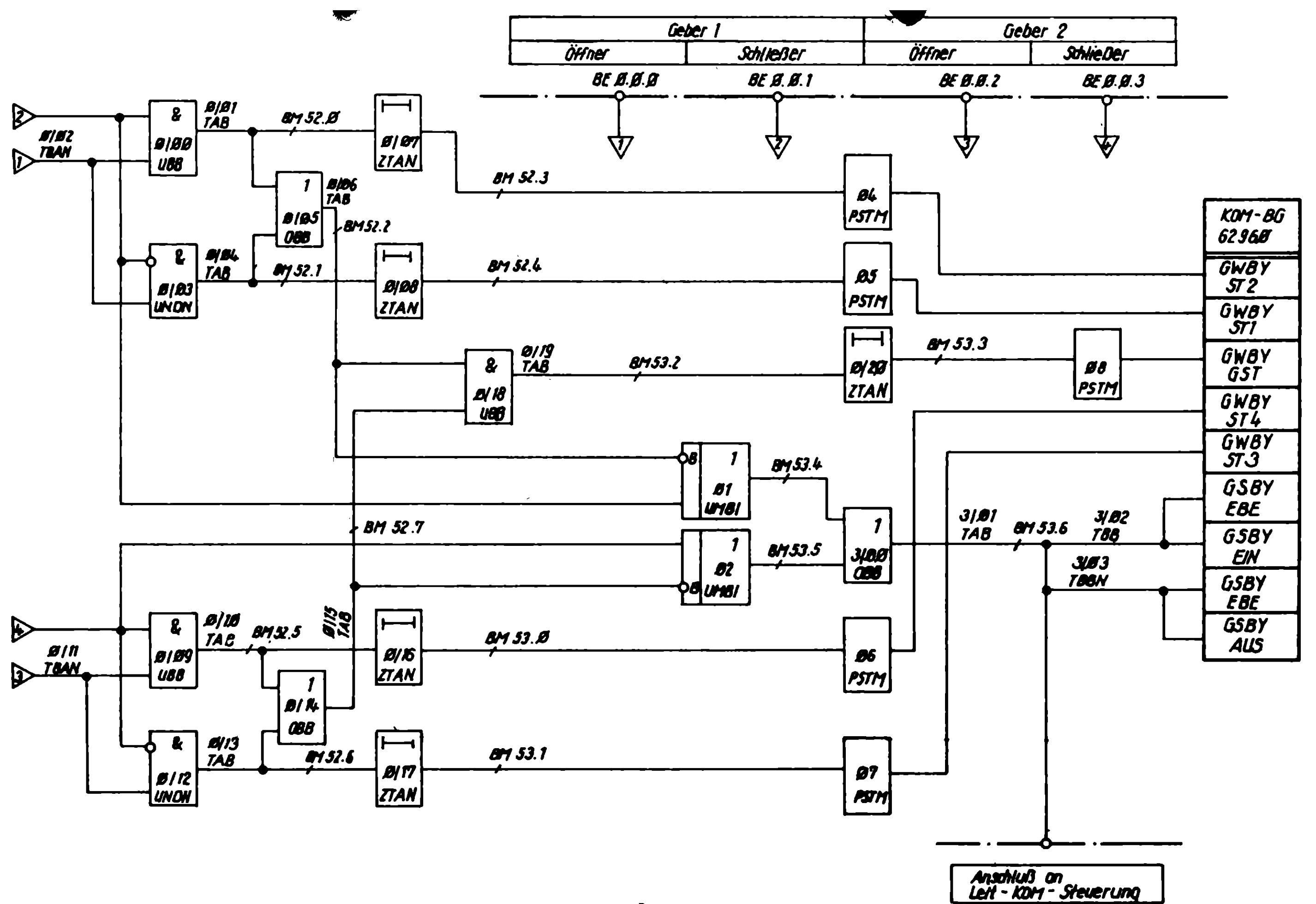


Bild : 31 Strukturplan für das Beispiel einer redundanten binären Meßwerterfassung

5.6. Komplexsteuerung eines Einrichtungsantriebs (KOM-BA)

In der vorgestellten Anlage werden durch das audatec-System etwa 500 Ein- und Zweirichtungsantriebe automatisiert. Neben der eigentlichen Steuerungsfunktion, deren Aufgabe wie bisher mit der AST vorzugeben ist, muß in PLS auch der gewünschte Umfang und die Gestaltung der Kommunikationsfunktionen vorgegeben werden.

Bild 32 zeigt den Zusammenhang am Beispiel des Funktionsschemas für die Steuerung eines Einrichtungsantriebs. Das Funktionsschema ist Bestandteil der AST. Es läßt folgende Zusammenhänge erkennen:

- Zuordnung von MSR-Stellen zu KOM-Stellen.
  Im Beispiel werden 4 MSR-Stellen durch eine KOMS dargestellt.

- Art und Bezeichnung der auszugebenden Informationen
  Es werden folgende Informationen zur MMK gefordert:

EIN/AUS	
Gestörtmeldung	GST
Rückschlagklappen-meldung	RSK
Trockenlaufschutz	TLS
Reparaturschalter-betrieb	ORT
Betriebsstunden-zählung	BHZ
MAX- und MIN-Grenz-werte	EG 1
als Eingriff 1 bzw. 2	EG 2
Betriebsart Reserve	RES

- Farbcodierung und Anzeigefeld
  Diese Forderungen wurden untersetzt durch
  - Kreis- und Farbsymbol für die Ausgabe im Grenzwertbyte
  - Rechteck und Zeichenbelegung für das Bit im Geberstatusbyte zur Meldung auf Lampenfeldern
  - MMK-Aufgaben für freie Parameter (hier: Betriebsstundenzählung)

- Koppelbeziehungen zu weiteren Verarbeitungsprogrammen
  - Im Beispiel werden die Betriebszustände (I EIN/Ø AUS) in Anlagenbild 21 angezeigt und es wird darauf hingewiesen, daß eine Verriegelung zum Pumpensatz VII besteht.

- Schematische Angaben zur Meßwertgewinnung und zur Abgrenzung mit EEA
  - Die Darstellung zeigt, daß die Signale zur Ansteuerung der Pumpe über eine Druckmessung, der Trockenlaufschutz durch eine Füllstandsmessung und die Rückschlagklappenverriegelung mit einem Geber meßtechnisch zu erfassen sind. Die Laufmeldung und der Reparaturschalterbetrieb werden durch übergebene EEA-Kontakte realisiert.

audatec	Funktionsschema		Blatt-Nr. Auftr.-Nr. 1.1022
	Objekt: Kläranlage Berlin - Nord	T.O.: 1.1016 HPG1 Pumpstation	KOMS: YV 63925	Rev.

msr-Stellen: YV 63925, GSA 63813, LIZA 63306, PC 63402

Steuerung Pumpe 1 Pumpensatz VII

WR

Anlagenbild

Anlagenbild-Nr.: 16 Schlammerwärmung

Monitor

ws gn cy ge cy rt LA0 LA1 FP1

I EIN | 0 AUS | GST | ORT | RSK | RES | TLS | EG1 | EG2 | BHZ

KOM-BA

YV 63925

EIN | AUS | GST | ORT | RSK | RES | TLS | MAX | MIN | BHZ

BSE 9905024

Verriegelung Pumpe 2 Pumpensatz VII

EIN/AUS 2s 6s I,A,C,Y BSE 8

3.04 243 (4) Bl. 10

Strukturplan 3.04 243 (4) Bl. 9

ETA NSA

Lauf

örtlich

L-Aus

H-AUS L-EIN

Funktionsschaltplan: 1.1016: 3.14 008 - 3.14 031

Pumpe 1 PS VII	ORT	Rückschlagklappe	Trockenlaufschutz	Ansteuerung PS VII
YV 63925	Rep.-Schalter	GSA 63813	LIZA 63306	PC 63402

Bild 32: Funktionsschema Pumpensatzsteuerung

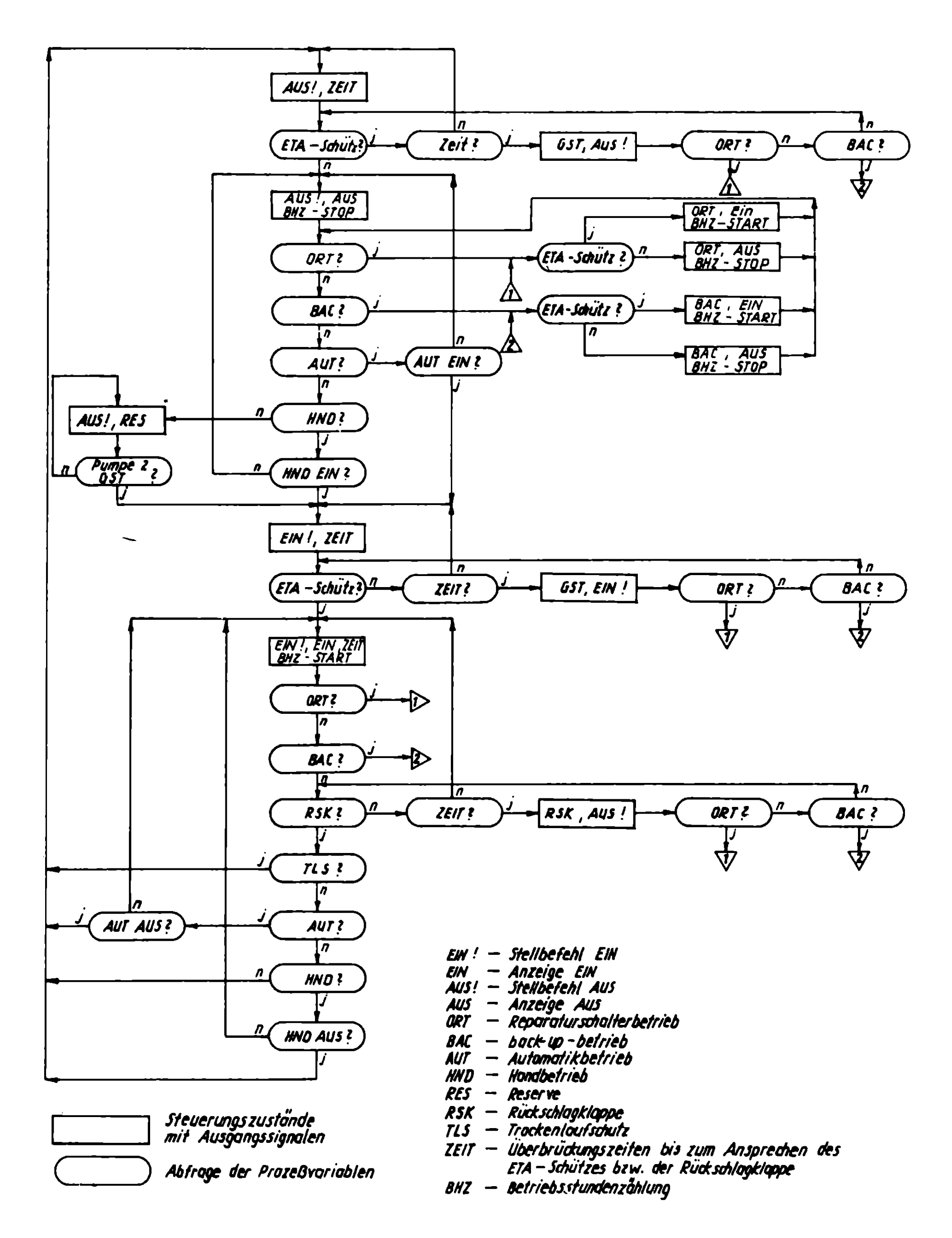


Bild: 33 Prozeßablaufplan (PRAP) – Pumpensteuerung

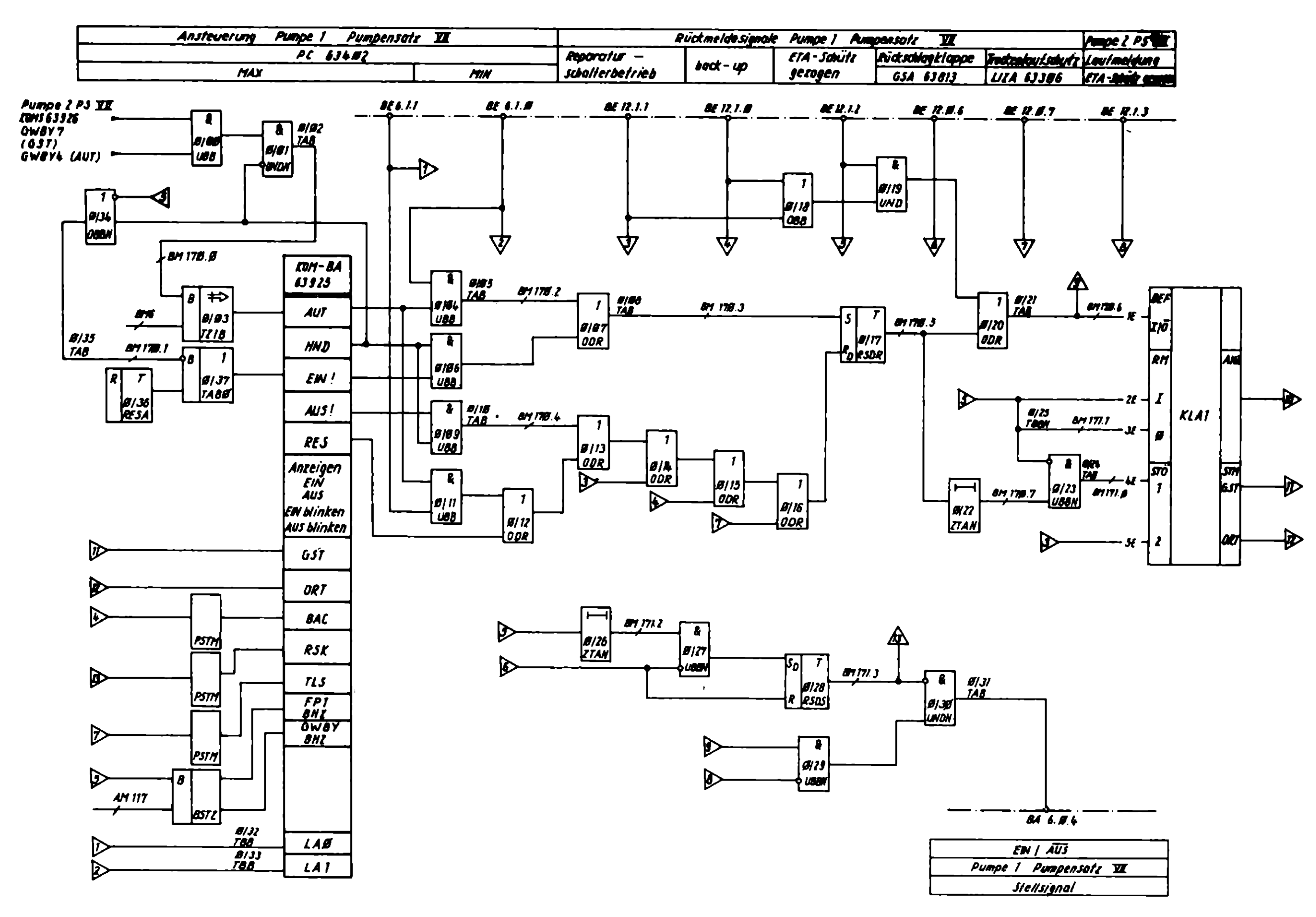


Bild 34: Strukturplan Pumpensatzsteuerung

Zur Vorgabe der Steuerungsfunktion wurde im gezeigten Beispiel ein Prozeßablaufplan PRAP erarbeitet. Er zeichnet sich neben anderen möglichen Formen der AST-Darstellung (Verbaltext, Programmablaufplan u. a.) durch eine logisch richtige und widerspruchsfreie Funktionsvorgabe aus /33/. Die Bilder 33 und 34 zeigen den PRAP und den daraus entwickelten Strukturplan der Antriebssteuerung.

5.7. Rationelle Darstellung binärer Schaltzustände am Beispiel von Räumerfunktionen (KOM-BG)

Das im Beitrag behandelte Automatisierungssystem weist ein sehr großes Aufkommen an Binärverarbeitungsaufgaben auf (Bild 5). Der verständliche Wunsch des Auftraggebers nach komfortabler Kommunikationsdarbietung führt jedoch schnell zu einer Systemüberlastung und zu einem Informationsüberangebot. Deshalb sind technisch-ökonomisch zweckentsprechende Darstellungsformen notwendig.

Bild 35 zeigt das Prinzip am Beispiel einer Räumersteuerung. Die Aufgabe ist im oberen Bildteil dargestellt: Von sechs sich auf den Nachklärbecken bewegenden Saugräumern soll der jeweilige Betriebszustand EIN/AUS binär angezeigt werden. Anstelle von sechs Einzel-KOM-BG wird ein KOM verwendet. Die Bildschirmanzeige vermittelt durch die farbinverse Darstellung jedes Räumers auf 6 Lampenfeldern des KOM eine eindeutige Übersicht über die Räumerbetriebszustände. Die Räumerbezeichnung erscheint oberhalb der Lampenfelder (Initialisierung durch Grenzwertbyte ohne Alarmierung).

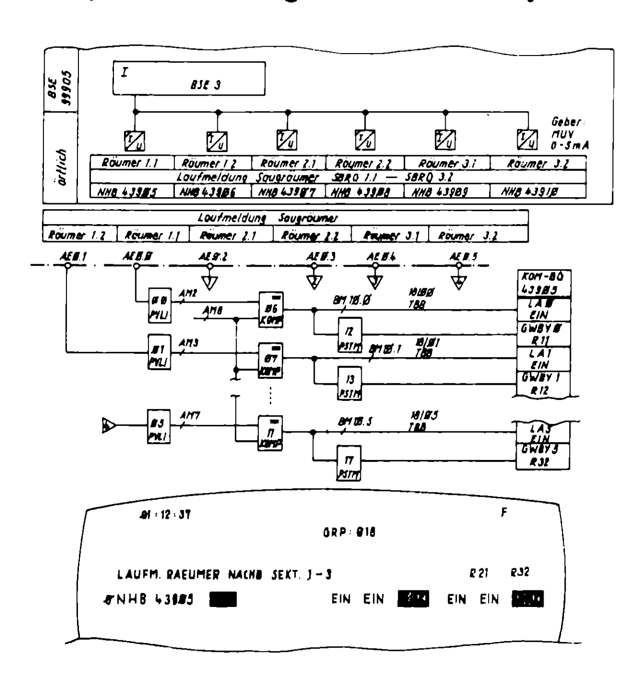


Bild 35: Schema Strukturplan und Bildschirmdarstellung von Räumerfunktionen

5.8. Gruppendarstellung der Ablaufparameter eines Klärwerks

Das Ergebnis der Reinigungsleistung einer Kläranlage läßt sich an den Ablaufgütewerten verfolgen. Die im Ablaufgerinne der Anlage meßbaren Parameter setzen sich aus einer Gruppe nicht manipulierbarer Systemeingangsgrößen und den hier vorrangig interessierenden durch die Reinigungsprozesse beeinflußbaren Ausgangsgrößen zusammen. Bild 36 zeigt das technologische Schema.

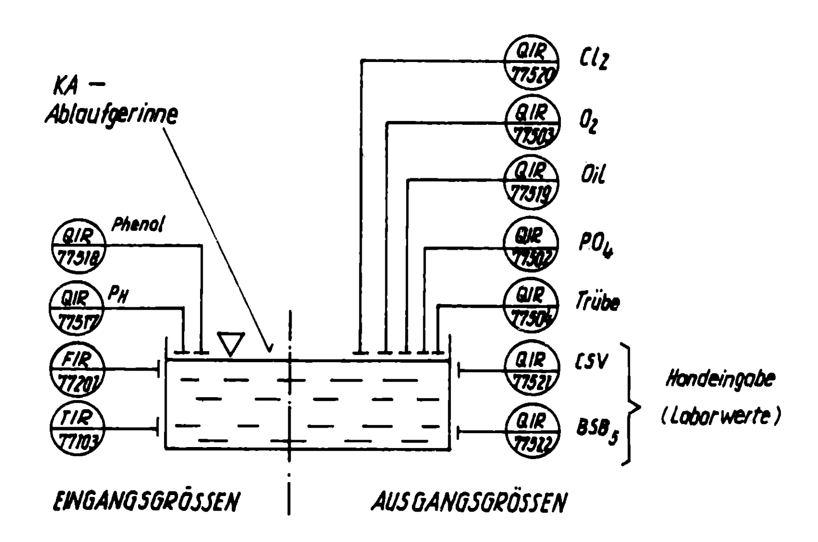


Bild 36 : Technologisches Schema Meßstation KA-Ablauf

Betreiber und Aufsichtsbehörden sind sowohl an einer Parameterübersicht als auch an den Einzelgrößen und ihrem Verlauf interessiert. Die 11 Parameter nach Bild 36 können in beliebiger Kombination zu acht KOMS (Änderung jederzeit möglich) zusammengestellt, beobachtet und auf Hardcopy übernommen werden. Eine audatec-GVA ermöglicht die Zusammenstellung von 240 Gruppen zu je acht Einzel-KOMS mit beliebig gewünschter Redundanz.

Bild 37 zeigt den Bildschirminhalt acht ausgewählter Größen der Meßstation KA-Ablauf.

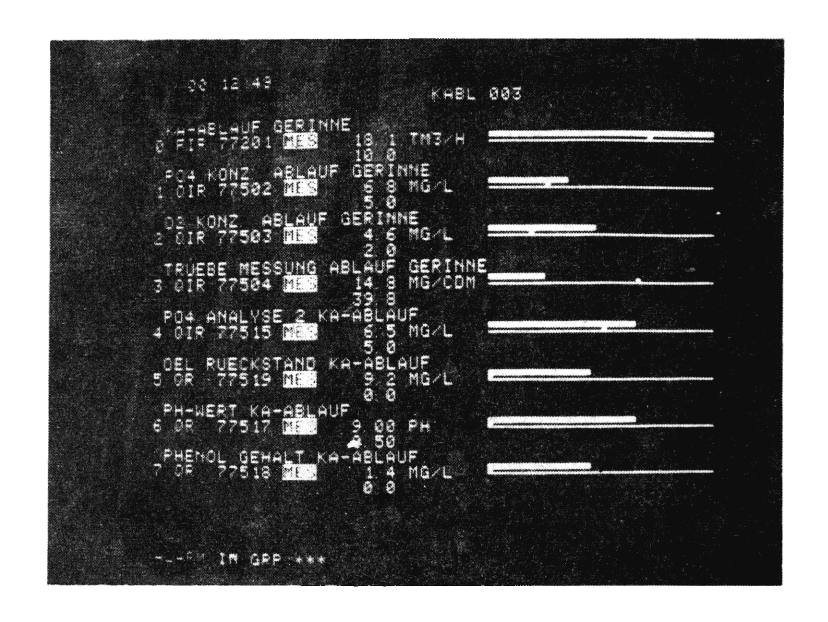


Bild 37: Gruppendarstellung KA-Ablauf

5.9. LEIT-KOM-Funktionen

5.9.1. Lösungsmöglichkeiten

LEIT-KOM-Funktionen werden im System audatec für MASTER-Funktionen bei der Organisation z. B. von Funktionsgruppensteuerungen, Kaskadenregelkreisen, Taktkettenabläufen, Wegesteuerungen u. a. verwendet. Wesentliche Eigenschaften des LEIT-KOMS sind:

- Übernahme von MASTER-Funktionen für die unterlagerten Funktionsabläufe
- Erweiterte Möglichkeit der Bildschirmdarstellung für die o. a. Funktionen
- Bedien- und Anzeigefunktionen müssen in jedem Einzelfall anwendungsorientiert strukturiert werden.

In der betrachteten Anlage wurden etwa 40 teils sehr umfangreiche LEIT-KOM-Funktionen realisiert.

Tafel 10 zeigt das Beispiel einer LEIT-KOM-Struktur.

LEIT-KOM-Funktion	MMK-Funktion	Kommentar (Beispiel)
FAHRWEISE FW	Bedienen Anzeigen	Anwahl eines strukturierten Steuerungsablaufs
PHASE	Anzeigen	8-Zeichen-Wert zur Darstellung eines Prozeßzustands
TAKT	Anzeigen	Numerisches Zeichen (0 ... 256) für die Codierung von Einzelschritten innerhalb einer Phase
ZEIT		Zeitzähler (0 ... 65534)

Tafel 11: Beispiel LEIT-KOM-Struktur

5.9.2. LEIT-KOM-Funktionen einer Eindickersteuerung

Der Vorgang des Wasserabtrennens aus den Schlämmen der einzelnen Verfahrensstufen wird in Schwerkrafteindickern durchgeführt. Zu einer Eindickerstufe gehören jeweils mehrere Eindicker, die in diskontinuierlicher Betriebsweise arbeiten (Chargenbetrieb). Die Steuerungsaufgabe besteht darin, die Eindicker im Rhythmus nacheinander zu füllen, den Schlamm einzudicken und die dabei entstehenden Zwischenprodukte Klarwasser und Schlamm in technologisch richtiger Folge abzuziehen. Zu den Randbedingungen gehören:

- nur ein Eindicker einer Stufe darf gefüllt oder entleert werden
- der Füllvorgang ist vom Füllstand des Sammelraumes abhängig
- der Nachfolgeprozeß soll kontinuierlich mit Schlamm versorgt werden.

Der gesamte Vorgang wird abhängig von weiteren vor- und nachgelagerten Prozeßzustandsbedingungen automatisch durch einen LEIT-KOM gesteuert.

Bild 38 zeigt das technologische Schema.

Zur Steuerung der Funktionsgruppe Eindicker gehören die MSR-Stellen

- LEIT-KOM
- Einlaßschieber S 1.1 (KOM-BA)
- Schlammablaßschieber S 2.1 (KOM-BA)
- Klarwasserschieber V 1 bis V 3 (KOM-BA)
- Krählwerk (KOM-BA)
- Füllstandsmessung (KOM-AS)

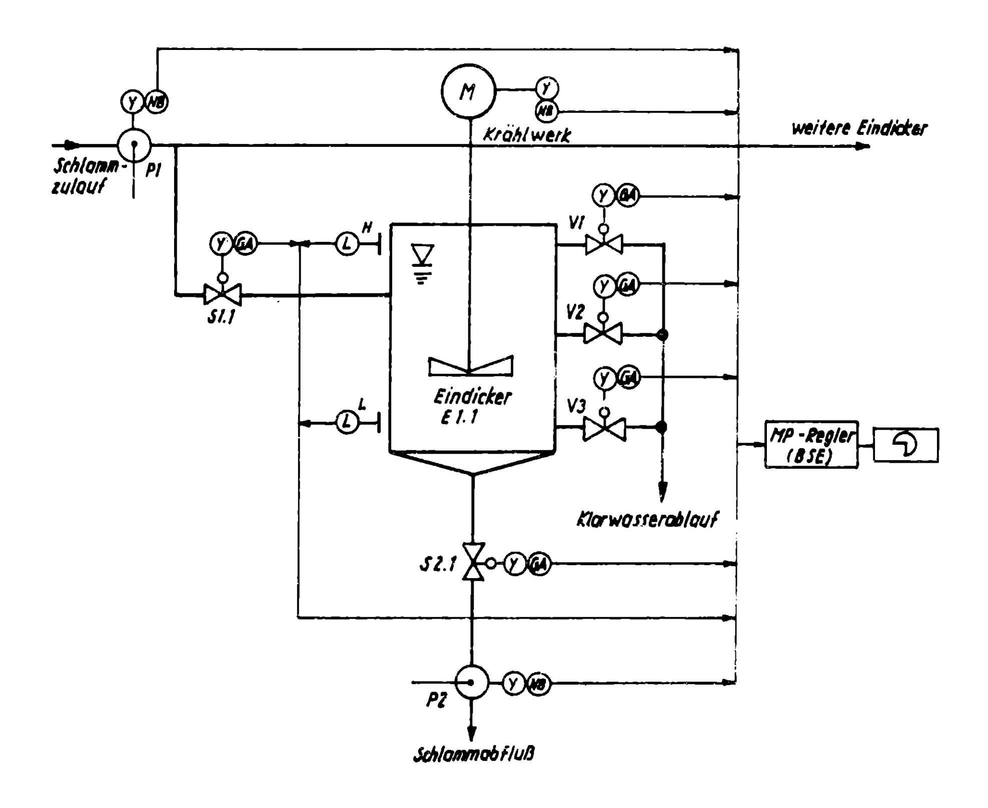


Bild 38: LEIT-KOM-Steuerung Schlammeindicker,
Technologisches Grobschema

Die Aufgabe des LEIT-KOM besteht in der Vorgabe und Darstellung des Steuerungsablaufs (MASTER-Funktion).

Bild 39 zeigt die Bildschirmdarstellung der Bedien- und Kommunikationsfunktionen am Beispiel des Fließbildes.

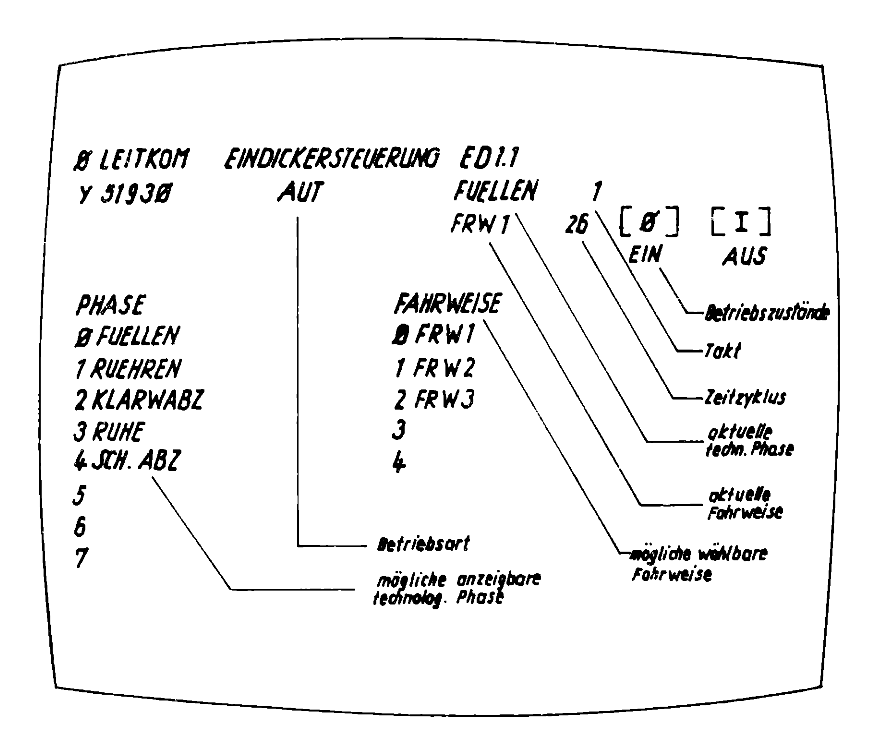


Bild 39 : Bildschirminhalt LEIT-KOM
Eindickersteuerung

Der Steuerungsablauf wird durch Einstellen der Betriebsart HND oder AUT und der Fahrweise FW (im Beispiel: Klarwasserabzug mit unterschiedlichen Schieberkombinationen V 1, V 2, V 3) vorgewählt. Bei Vorwahl HND können alle untergeordneten Binäraggregate BA von Hand betrieben werden. In der Betriebsart AUT schreibt der LEIT-KOM für alle BA die Betriebsart geführt GEF ein (Maskierung weiterer Betriebsarten). Durch Setzen des EIN-Zustandes (I) am LEIT-KOM wird die Steuerung gestartet und die BA durchlaufen selbständig die strukturierten Funktionen. Der Prozeßstatus jedes Steuerungsschrittes kann am Bildschirminhalt des LEIT-KOM verfolgt werden. Die Struktur der Kommunikationsfunktionen des LEIT-KOM ist in der Übersicht Bild 40 dargestellt.

Die Prozeßführung des beschriebenen Steuerungsablaufs läßt sich, wie die praktische Erfahrung zeigt, äußerst wirkungsvoll durch die Bildschirmdarstellung technologischer Fließbilder unterstützen. Die Bilder 41 und 42 zeigen die dafür wählbaren Möglichkeiten.

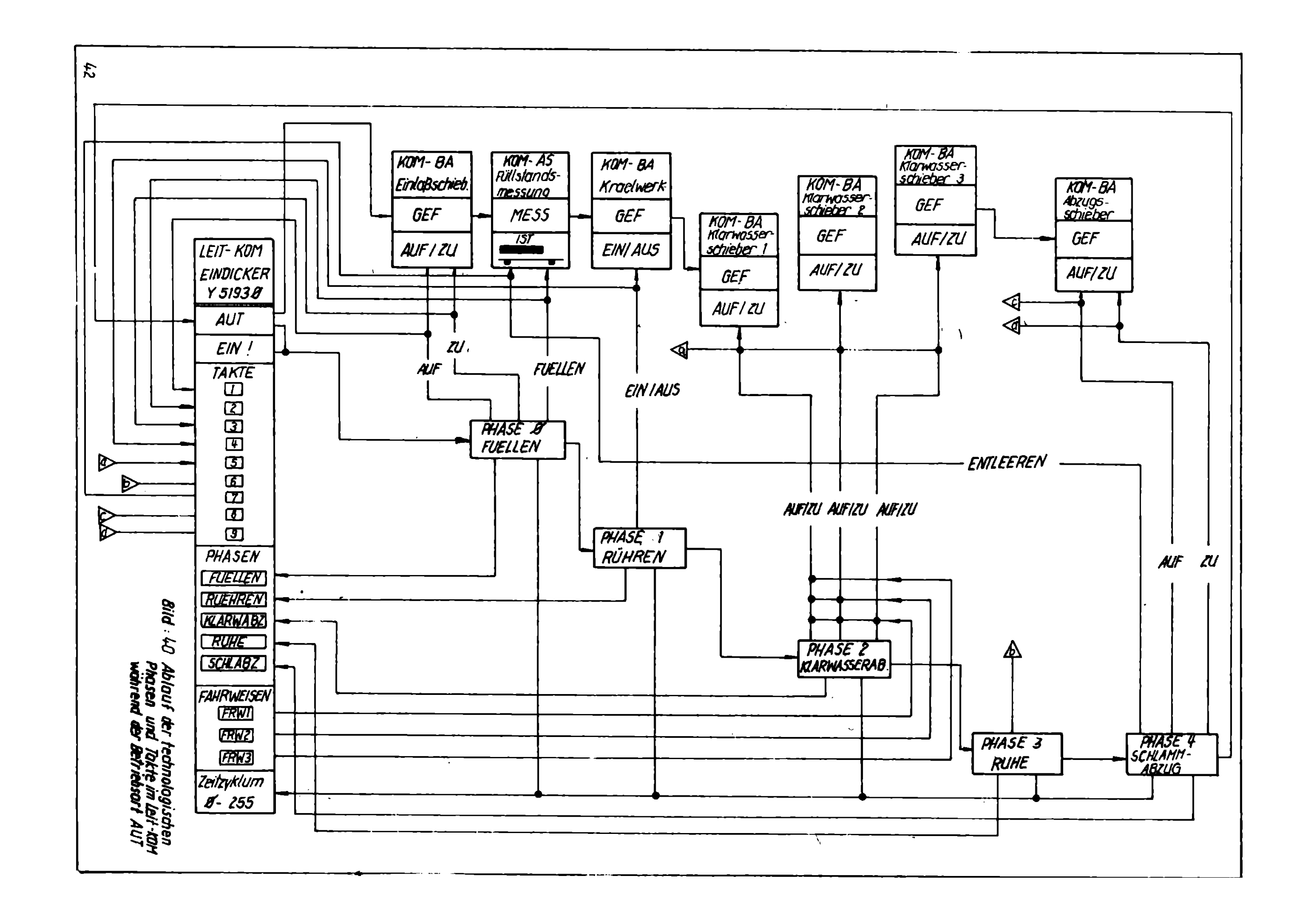


Bild : 40 Ablauf der technologischen Phasen und Takte im Leit-KOM während der Betriebsart AUT

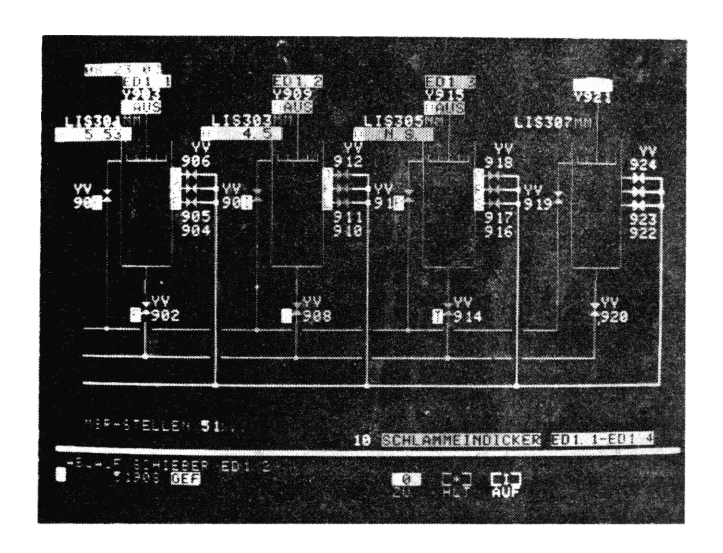


Bild 41: Fließbilddarstellung einer Eindickergruppe

In Bild 41 ist eine Eindickergruppe mit vier Eindickern dargestellt. Der Vorteil dieser Variante besteht darin, daß der Prozeßablauf einer zusammengehörenden Funktionsgruppe überschaubar ist. Nachteilig ist jedoch die auf das Gesamtbild begrenzte Anzahl von 25 dynamischen Informationen (der 4. Eindicker ist nicht einbezogen). Die im Bild strukturierten dynamischen Informationen (z. B. Schieberstellungen durch Farbumschlag, Füllstandsgrenzwerte mit Farbcodierung) sind durch Großbuchstaben und Ausleuchtung erkennbar. Mit jeder für dynamische Information strukturierten KOMS kann am Fließbild der Dialog aufgenommen werden. Im Beispiel: M, KOM YV908, Ablaufschieber ED 1.2. Der Schieber (Dialogzeile am unteren Bildrand) befindet sich in der Betriebsart geführt (GEF) und ist geschlossen. Er ist durch den Leit-KOM maskiert und kann daher in dieser Betriebsart nicht von Hand betätigt werden.

Anstelle der Eindickergruppe kann als Fließbilddarstellung auch ein Einzeleindicker gewählt werden (hier: Eindicker 1.1).

Bild 42 zeigt die Vorteile:

- es sind mehr dynamische Informationen darstellbar
- Textunterstützung möglich

Die Füllstandsänderung wurde in diesem Beispiel durch quasianaloges Nachführen des Behälterpegels (Ausleuchten der Behälterfläche) realisiert. Nachteilig ist bei der Wahl dieser Einzeldarstellung die im System begrenzte Gesamtanzahl von Fließbildern (vergl. Bild 8).

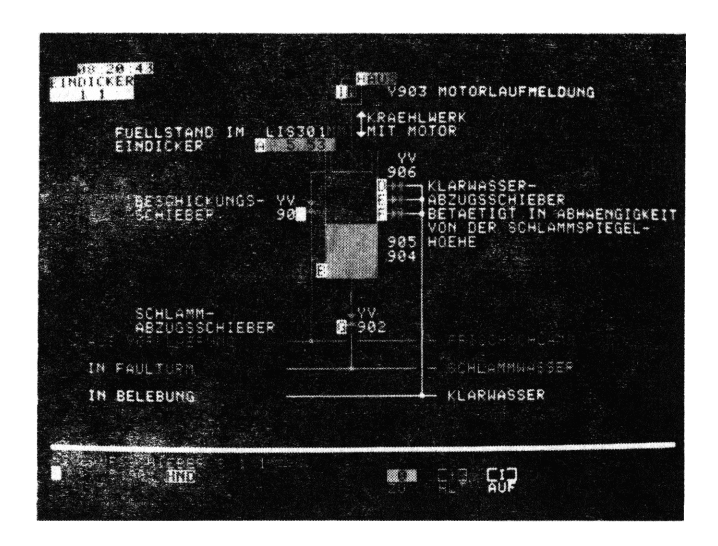


Bild 42: **Fließbilddarstellung Einzeleindicker**

5.9.3. LEIT-KOM-Funktionen einer Gebläsesteuerung

Die für den Klärwerksprozeß erforderliche Druckluft (Sauerstoffeintrag und Umwälzung) wird von vier Großgebläsen mit Einzelförderströmen von 75 000 m³/h i. N. erzeugt. Bild 47 zeigt das Prinzip. Die Antriebe (1,8 MW-Drehstromasynchronmotoren) sind zur Leistungsanpassung mit Untersynchronen Stromrichterkaskaden (USK) ausgestattet. Damit wird erstmals in einem DDR-Großklärwerk das Prinzip der Drehzahlsteuerung von Großgebläsen zur Energieoptimierung des Sauerstoffeintrags mit den Mitteln der Leistungselektronik verwirklicht.

Die Prozeßüberwachung und Steuerung der Gebläse wird durch die Basiseinheiten des Systems audatec realisiert. In Bild 43 ist ein Überblick über die wichtigsten dabei zu verarbeitenden Informationen gegeben. Die Automatisierung der Gebläseverbundeinheiten mit je etwa 90 analogen und binären MSR-Stellen zählt zu den aufwendigsten Einzelaufgaben des Automatisierungsvorhabens. Das Zusammenwirken zwischen den Antriebs- und Gebläseeinheiten mit den USK und die Einspeisung auf die Sammelschiene sind nur durch automatischen Ablauf realisierbar. In den Basiseinheiten werden folgende Funktionen abgearbeitet:

- Prozeßkopplung
- Signalwandlung und -übertragung
- Ablaufkoordinierung
  (Steuerung des Gebläsehauptmotors und der Nebeneinrichtungen USK, Anlasser, Öl- und Kühlwasserversorgung, Saug-, Druck- und Bypaßschieber in der richtigen technologisch bedingten Reihenfolge)

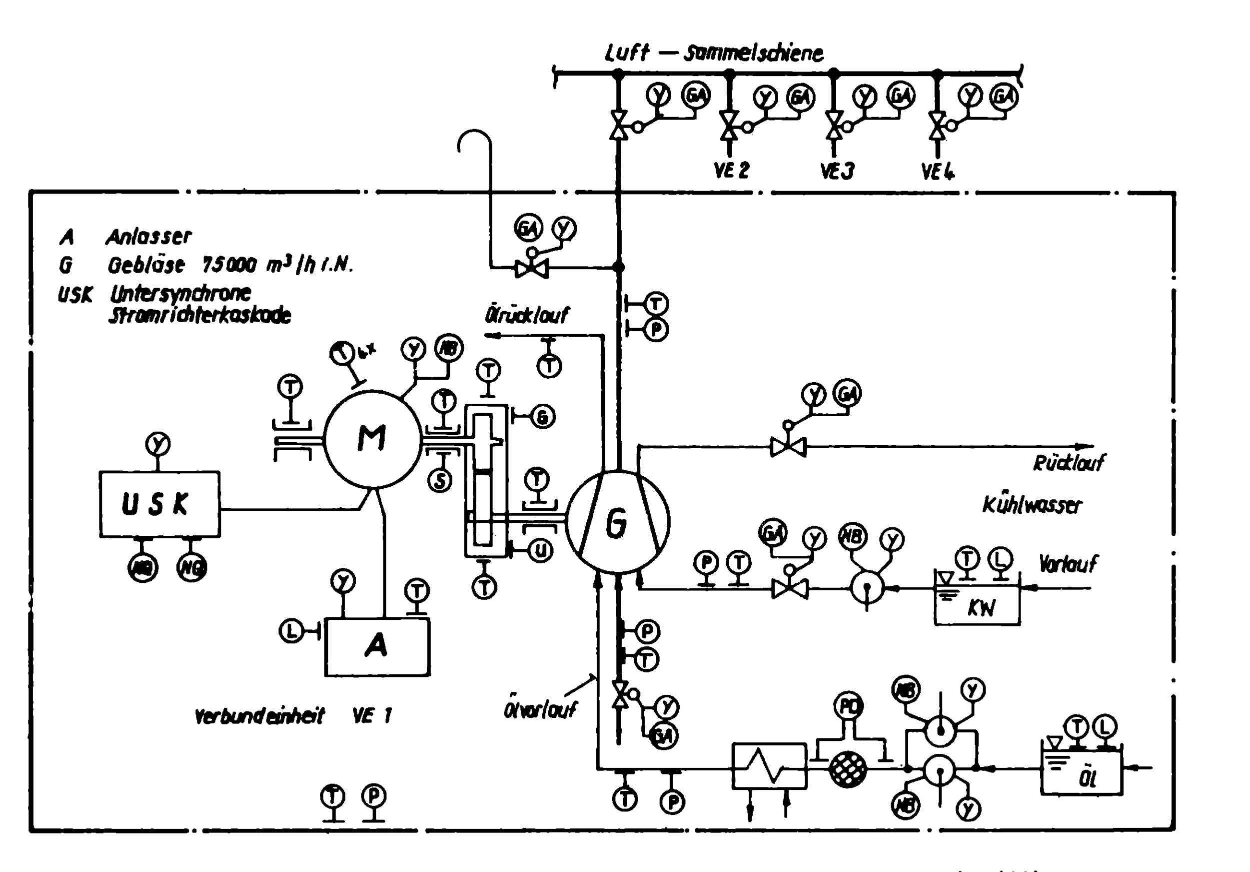


Bild 43. Die wichtigsten Meß- und Stellgrößen zur Überwachung und Steuerung der Gebläseverbundeinheiten

- Drehzahlsynchronisierung der an der Sammelschiene arbeitenden Gebläse
- Ablaufüberwachung der bei Umsteuervorgängen einzuhaltenden Grenzwerte von Prozeß- und Zustandsgrößen
- Grenzwertüberwachung der Prozeßparameter, Alarmierung oder automatisches Notabfahren bei Grenzwertverletzungen.

Das Zu- und Abschalten der Gebläse erfolgt manuell oder über Umschaltbefehle aus der übergeordneten Hierarchieebne.

Für die Ablaufkoordinierung der Umsteuervorgänge aller vier Gebläseverbundeinheiten lassen sich die LEIT-KOM-Funktionen des audatec-Systems auch hier vorteilhaft anwenden. Zur Erleichterung der Prozeßbeobachtung wurde für alle vier Verbundeinheiten je ein Fließbild entworfen. Bild 44 zeigt ein Beispiel. Die wichtigsten Prozeßgrößen und -zustände des Verbundsystems können damit als dynamische Informationen (ausgeleuchteter und farbcodierter Bildhintergrund) auf einen Blick übersehen werden.

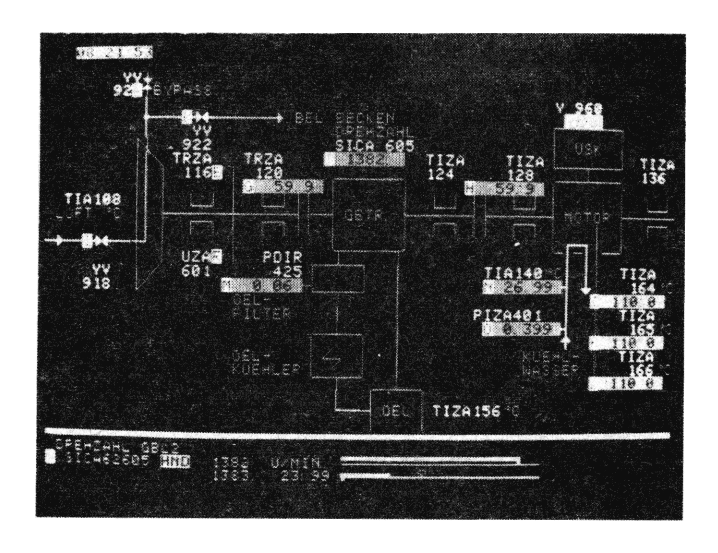


Bild 44: Fließbild Gebläseverbundeinheit

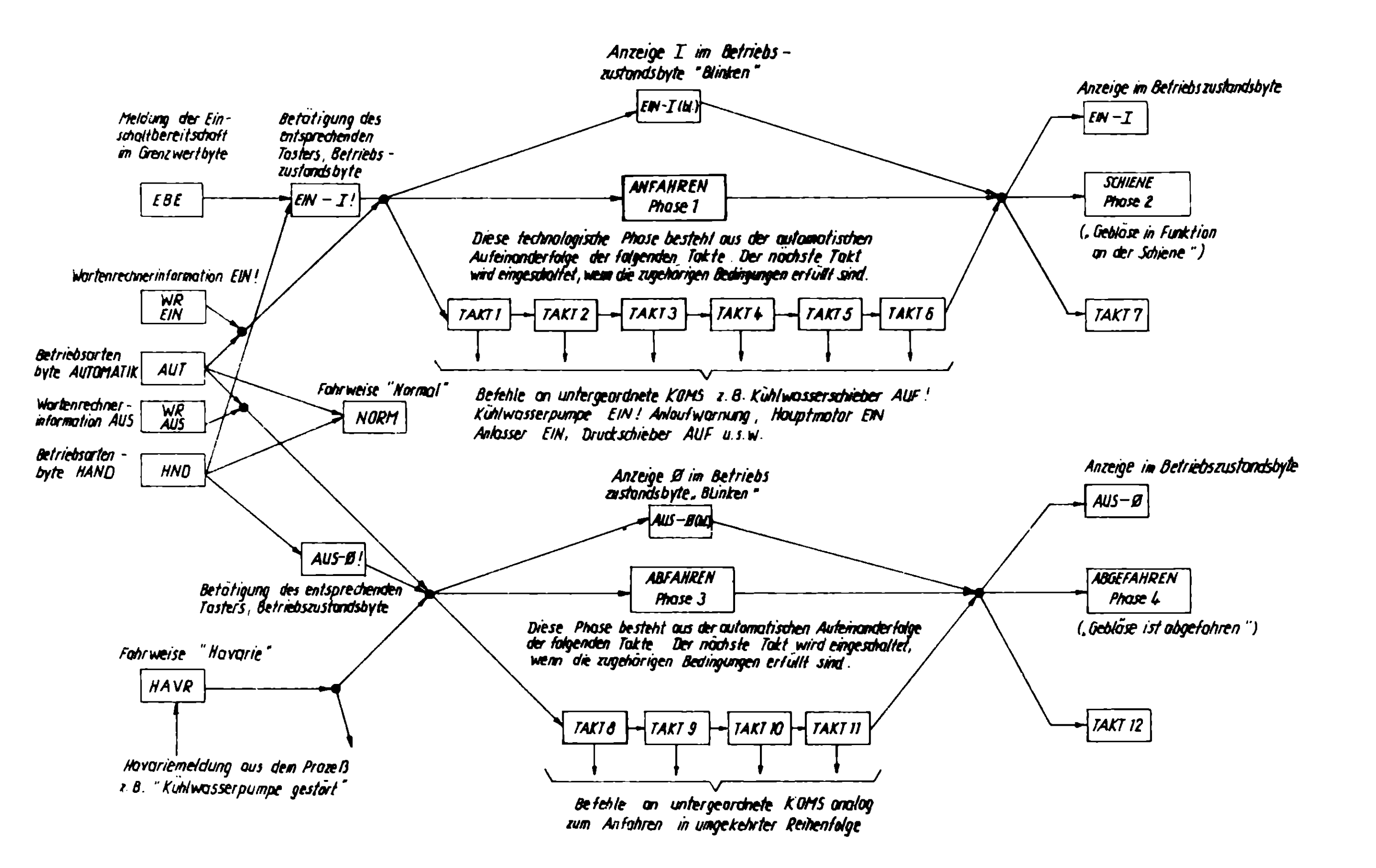


Bild 45: LEIT-KOM-Struktur Gebläsesteuerung

Der LEIT-KOM wurde nicht in das Fließbild integriert. Es ist jedoch möglich, ihn einzuordnen und den Umsteuervorgang damit direkt am Fließbild auszuführen. Vorteilhaft ist diese Anordnung dann, wenn sich alle für den Umsteuervorgang relevanten Informationen in einem Bild unterbringen lassen.

Um den Umsteuervorgang auszulösen, hat das Bedienpersonal lediglich Entscheidungsaufgaben zu übernehmen. Im Bild 46 ist eine Gruppendarstellung einiger vom LEIT-KOM geführter Antriebe gezeigt. Der LEIT-KOM befindet sich in der Betriebsart HND. Die untergeordneten Antriebe werden grundsätzlich geführt (GEF). Durch EIN-Befehl am LEIT-KOM wird die Verbundeinheit automatisch an das Druckluftnetz gefahren. Die Entscheidung über die Anzahl der erforderlichen Gebläse und deren Synchrondrehzahl wird vom Wartenrechner (vergl. folgenden Abschnitt) empfohlen oder bei AUT-Betrieb des LEIT-KOM im closed-loop-Regime durch automatisches Umsteuern direkt umgesetzt.

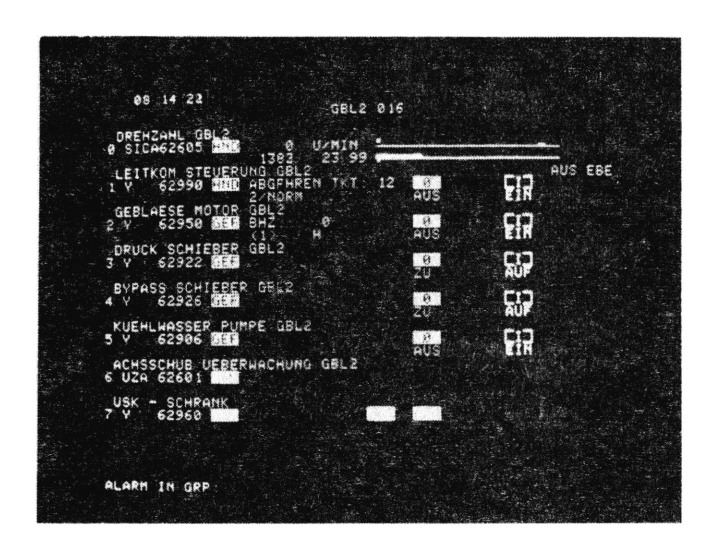


Bild 46: Gruppendarstellung mit LEIT-KOM

Den schematischen Ablauf der durch den LEIT-KOM gesteuerten Taktkette zeigt Bild 45. Auf Bild 46 ist in der Bildschirmdarstellung erkennbar, daß die Steuerung sich in der Fahrweise NORM, Phase ABGFHREN und Takt 12 befindet.

5.10. Das Projekt Wartenrechner - Automatisierungsfunktionen der übergeordneten Hierarchieebene -

5.10.1. Hard- und Softwarekonzepte

Im System audatec lassen sich Automatisierungsaufgaben in übergeordneten Hierarchieebenen (Koordinierungs- oder Führungsbereiche) durch unterschiedliche Rechnerkonfigurationen lösen. Als Standardkonzepte sind der Wartenrechner K 1520 (GRW) oder ein Modell des Mikrorechnersystems K 1600 (robotron) vorgesehen. Die anlagenspezifische Konfiguration wird in der Projektphase Automatisierungskonzeption (vergl. Abschn. 4.2.2.3) festgelegt. Im betrachteten Einsatzfall waren folgende durch Standardsoftwareprogramme nicht lösbare Aufgaben vorgegeben:

- Prozeßführung für drei der wichtigsten technologischen Abläufe des Klärwerks:
  - Sauerstoffeintrag
  - Phosphateliminierung
  - Rücklaufschlammführung
- Bereitstellen von Ersatzkennlinien für den Fall, daß das Meßwerterfassungssystem wichtige aktuelle Prozeßparameter nicht liefern kann
- Organisation ausgewählter Querverbindungen zwischen den Basiseinheiten
- Protokollierung und Bilanzierung
- Kenngrößenberechnung

Nach einer überschlägig in der Automatisierungskonzeption vorgenommenen Grobbilanzierung des Aufgabenumfangs wurde eine Mikrorechnerfunktionseinheit PSR K 1520 des Systems audatec gewählt (Ebene 4 b, Bild 1 b). Die Lösung weist mehrere Vorteile auf:

- der PSR K 1520 ist eine freiprogrammierbare Mikrorechnerfunktionseinheit des audatec-Systems und arbeitet direkt am Systembus. Es ist keine Koppeleinheit erforderlich.
- das audatec-System ist aufwärtskompatibel (Rechner K 1600 höherer Verarbeitungskapazität können nachgerüstet werden)
- die Lösung ist kostengünstig.

5.10.2. Wartenrechner für Prozeßführungsaufgaben

Aus diesem Komplex sollen zwei für die hier beschriebene Objektklasse typische Lösungen behandelt werden.

5.10.2.1. Statische Optimierung des Sauerstoffeintrags

Die Prozeßsteuerung realisiert den energieoptimalen Gebläsebetrieb. Nach einem die analytischen Zusammenhänge beschreibenden Prozeßmodell berechnet der Wartenrechner u. a. die Kenngrößen

- Schmutzfracht (Führungsstrom der Anlage)
- theoretische Luftbedarfsmenge

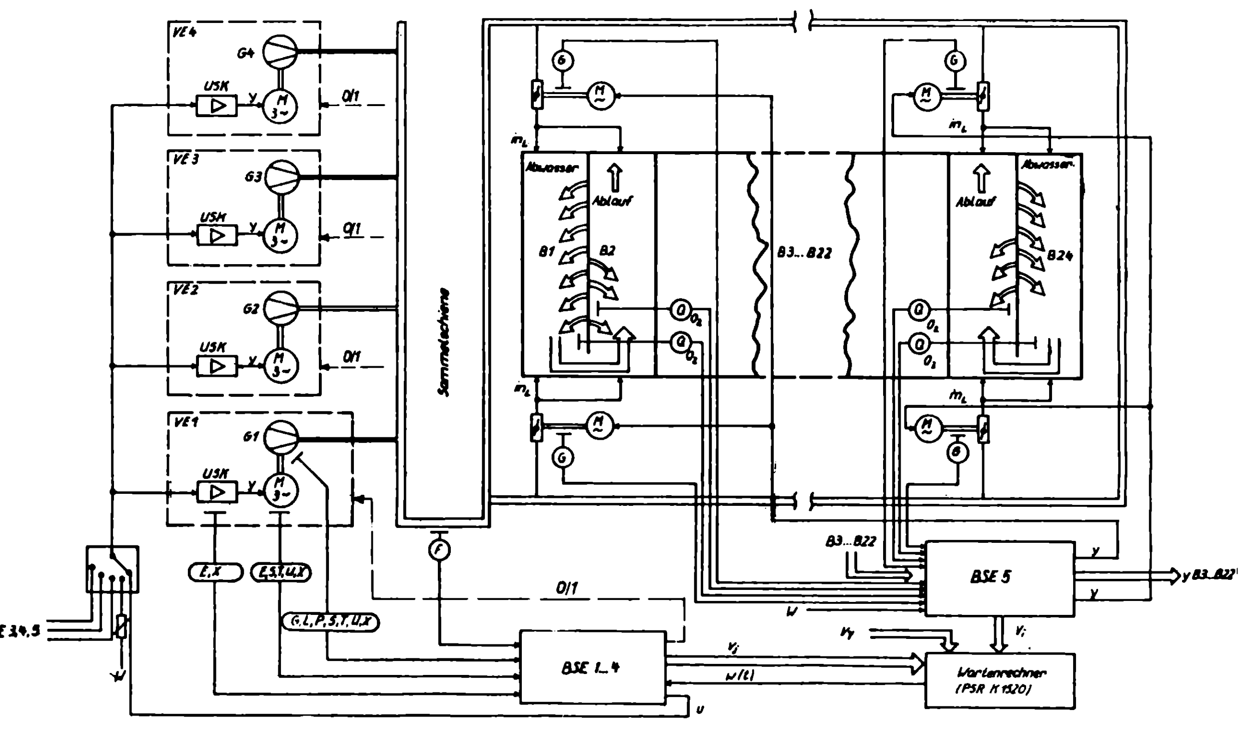


Bild: 47 Signalflußplan Sauerstoffeintragsregelungen

- Arbeitspunkt der Anlagenkennlinie
- Gebläseausgangsdruck
- Gebläselieferzahl

und gibt den Sollwert w (t) der Gebläsedrehzahl vor. Dabei sind einige systembedingte Einschränkungen zu beachten:

- Gradient des perspektivischen Luftbedarfs
- erlaubter Toleranzbereich der Lieferzahl (Pumpgrenzproblem)
- Sammelschienendruck
- Leistungsbegrenzung des Hauptmotors
- Begrenzung der Schalthäufigkeit
- Drehzahltoleranzbereich der USK.

Die Prozeßinformationen v_i, v_j, v_v zur Berechnung der Prozeßparameter werden über die einzelnen Basiseinheiten abgerufen (BSE 1 ... 5). Das Prinzip der Drehzahlsteuerung ist in Bild 47 dargestellt. Der Führungssollwert w (t) wird über eine der vier Gebläsebasiseinheiten synchronisiert an die Verbundeinheiten VE 1 bis VE 4 (Gebläse, Motor, USK) ausgegeben. Die Sollwertvorgabe kann wegen der höheren Zuverlässigkeit von jeder Gebläse-BSE übernommen werden. Die Prozeßsteuerung arbeitet als geschlossener Regelkreis einer überlagerten Kaskade. Als Istwert der Regelgröße O_2 in den Belebungsbecken wird der dort gemessene gelöste Sauerstoff auf den Rechner zurückgeführt. Er kann sich in einem den optimalen Lebensbedingungen des Biotops im Belebungsbecken angepaßten Bereich $O_{2\,min} \leq O_{2\,norm} \leq O_{2\,max}$ bewegen. Bei Annäherung an Grenzwerte gibt der Wartenrechner im open loop- oder closed loop-Betrieb (am Pult wählbar) die Empfehlung für das Zu- oder Abschalten von Gebläsen.

Für den Fall, daß es während des Betriebs zu Ausfällen wichtiger für den Prozeßsteuerungsalgorithmus erforderlicher Meßgrößen kommt, sind im Wartenrechner Kennlinien hinterlegt, die als Ersatzwerte den weiteren Steuerungsablauf gewährleisten. Zu diesen Kennlinien gehören

- die für je einen statistischen Wochen- und Feiertag ermittelten Frachten
- die daraus berechneten Kennlinien des theoretischen Luftbedarfs.

Die in RAM-Speicherbereiche übernommenen Kennlinien können ständig den durch Identifikation am realen Prozeß gewonnenen Werten nachgeführt werden. Die Frachtkennlinie liegt mit einer Quantelungsbreite von 1/2 h vor. Sie kann durch wählbare Konstanten in Amplitude und Phase problemlos verändert werden. Die Bildschirmdarstellung zeigt Bild 48 .

Die der rechnergeführten Sollwertvorgabe unterlagerten Regelkreise dienen der Prozeßstabilisierung in den einzelnen Belebungsbecken. Sie werden durch die dezentral diesem Prozeßabschnitt zugeordnete BSE 5 realisiert.

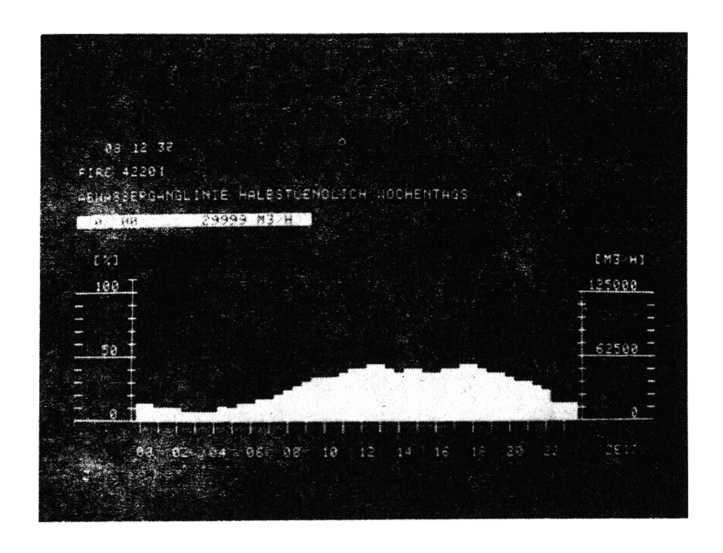


Bild 48: Tagesganglinie

Strategie und Modell der vorgestellten Prozeßsteuerung wurde in gemeinsamer enger Zusammenarbeit zwischen dem Auftraggeber und dem VEB GRW Teltow entwickelt.

5.10.2.2. Prozeßsteuerung der Phosphateliminierung

Die Phosphateliminierung hat einen erheblichen Einfluß auf die Kostenstruktur eines Klärwerks. Die höchsten Kostenanteile entfallen auf das einzutragende Fällmittel. Da auch die Ganglinie der Phosphatfracht vergleichbar zur Ganglinie der BSB_5-Fracht (Bild 6) große tages- und wochenspezifische Unterschiede aufweist, ist eine Reduzierung des Einsatzrohstoffs nur durch eine belastungsgeführte Prozeßsteuerung erreichbar. Sie wird als statische Vorwärtsoptimierung nach einem kostenoptimalen Zielfunktional realisiert. Bild 49 zeigt das technologische Grobschema.

Die Fällmittellösung wird über drei Dosierpumpen eingetragen. In den Basiseinheiten 6 und 7 stehen die Größen F_1 und Q_1 (Phosphatbelastung) und die Konzentration des Fällmittels Q_2 zur Verfügung. Der Wartenrechner fragt diese Größen ständig ab und berechnet nach einem vorgegebenen Modell die aktuellen Eintragsmengen des Fällmittels F_2 und gibt sie als Führungsgröße w (t) an die BSE 6 weiter. Die BSE verteilt die Mengenstromvorgaben auf die jeweils laufenden Förderpumpen. Die für den Prozeßverlauf und seine Historie relevanten Prozeßvariablen stehen im Leitstand zur Verfügung und werden protokolliert. Bei Ausfall wichtiger Eingangsgrößen kann die Steuerung auch hier über Ersatzkenngrößen (im RAM-Bereich des WR abgelegte aktualisierbare Ganglinien der Frachten für jeden Wochentag) oder durch Handvorgabe realisiert werden (Bild 50: Signalflußplan).

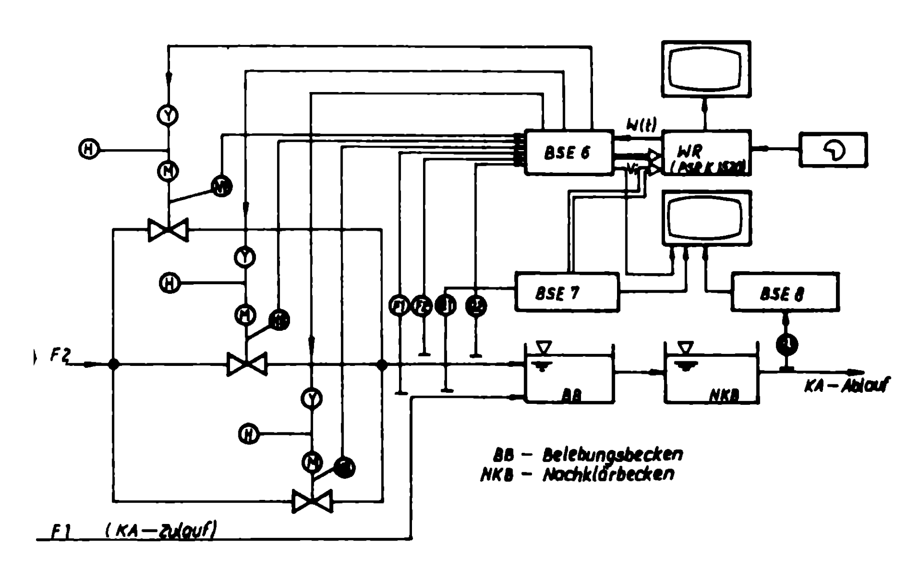


Bild 49 : Prozeßsteuerung Phosphateliminierung Technolog. Grobschema

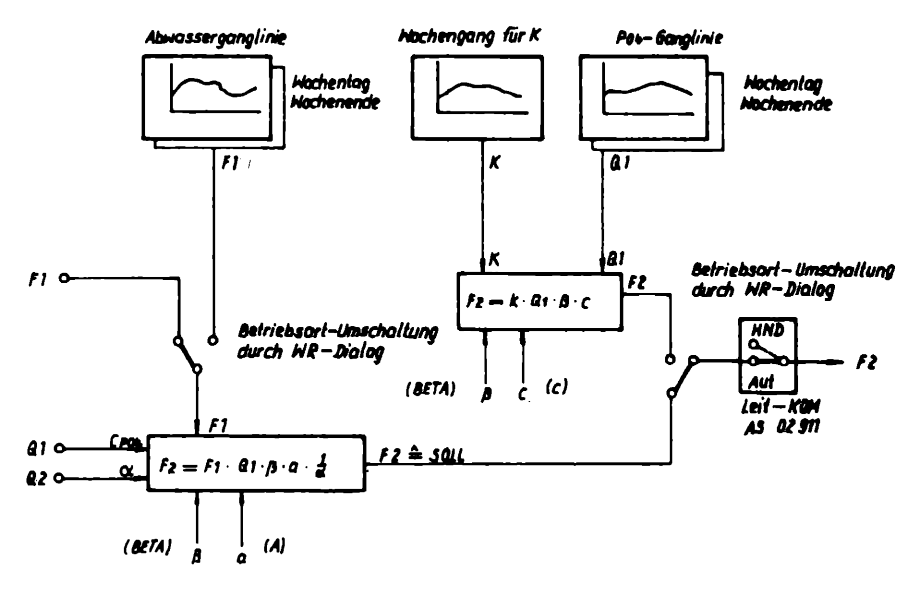


Bild 50 : Prozeßsteuerung Phosphateliminierung Signalflußplan

5.10.3. Weitere Aufgaben des Wartenrechners

5.10.3.1. Organisation von Querverbindungen zwischen den Basiseinheiten

Querverkehr zwischen verschiedenen BSE kann durch Signalaustausch über BSE-Ein-/-Ausgänge (Austausch innerhalb von Basisstationen) oder durch BUS-Kopplung (Austausch zwischen Basisstationen) realisiert werden. Der Querverkehr über den BUS wird im betrachteten Beispiel durch den WR K 1520 organisiert. Durch optimale Zuordnung der Verarbeitungsfunktionen wurden BUS-Kopplungen nur zum Austausch solcher Informationen projektiert, die für gemeinsame Funktionsabläufe benötigt werden, jedoch in verschiedenen BS auflaufen.

5.10.3.2. Protokollierungs- und Bilanzierungsaufgaben

Das Protokollprogramm entsteht im Ergebnis der Funktionsteilung zwischen den Basiseinheiten und dem Wartenrechner. Es erfaßt etwa 40 Grundwerte, die als analoge oder inkrementale Größen automatisch durch das System erfaßt oder auch als Laborwerte manuell über die Bedientastatur eingegeben werden können. Die einzelnen Werte werden je nach vorgegebener Zielstellung des Betreibers als Stunden-, Tages- oder Monatsprotokoll ausgegeben. Die Protokollform ist nach den Wünschen des Betreibers gestaltet und kann wie bei der Neuordnung von Gruppendarstellungen im Betrieb verändert werden. Der Inhalt umfaßt die Ausgabe von Momentanwerten, Zählwerten, Mittelwerten, Rechenwerten, Tages- und Monatssummen und -bilanzen.

6. Möglichkeiten und Grenzen der Systemflexibilität und -erweiterung

6.1. Prinzipielle Möglichkeiten

Die iterativ ablaufenden Arbeitsschritte der Projektierung und Realisierung (Bild 7) sind permanenten Störgrößeneinwirkungen ausgesetzt. Sie treten sowohl als Änderungs- als auch als Erweiterungsforderungen in allen Investitionsphasen auf. Auslösende Ursachen sind Erkenntniszuwachs am technologischen Prozeß, Fehlerkorrekturen oder Weiterentwicklung der Automatisierungsanlage selbst. Die Zahl der Störgrößen wächst erfahrungsgemäß mit der Anlagengröße und Investitionsdauer an. Die Forderungen treten in allen Investitionsphasen auf. Ein Spezialfall ist die Forderung nach Systemerweiterungen. Seine Realisierungsmöglichkeit hängt im wesentlichen von den Ausgangsbedingungen ab:

- Zeitpunkt der Erweiterungsforderung
- Verbleibende Änderungsmöglichkeit im Konfigurationsbereich
- Realisierungsstand
- Art der Erweiterungsforderung

Daraus folgt, daß Änderung im Hardwarebereich und Software-(EPROM)-Bereich ohne weitreichende Auswirkungen auf die Termingestaltung nur begrenzt bis zum Abschluß definierter Projektphasen möglich sind. Danach auftretende Änderungsforderungen erzwingen einen erneuten Durchlauf aller Iterationsschleifen

Die vorausschauende Reservefestlegung kann wesentlich dazu beitragen, den dadurch entstehenden Problemumfang zu minimieren /6/, /12/.

6.2. Projektive Reservefestlegungen

Sie bestehen im wesentlichen aus:

- begrenzter Umfang an freien E-/A-Kanälen in gesteckten Karten
- Ausschöpfen der Wörterbuchbibliothek /6/, /12/
- Auslastung der Speicherreserven bei der Strukturierung der Adreßbücher /6/, /12/, also auch Hinzufügen weiterer KOMS
- Berücksichtigung weiterer MASTER (z. B. KE-WR) für späteren Systemausbau.

Die Reservefestlegungen müssen mit der erreichten Systemauslastung korrelieren (Bild 8). Für die im Bereich der RAM-Listen abgelegte Anwendersoftware können prinzipiell alle durch Prozeß- und Systemkommunikation möglichen Routinen auch im Dauerbetrieb ausgeschöpft werden. In den vorausgegangenen Abschnitten wurde bereits dargelegt, daß sich Übersichts- und Gruppendarstellungen neu ordnen und beschriften lassen. Die Softwarestrukturen der Verarbeitungsketten aller KOMS können verändert oder neu entworfen werden. Hierauf gründet sich ein wesentlicher Vorteil des Prozeßleitsystems audatec gegenüber konventionellen Systemen.

6.3. Projektive Maßnahmen zur Systemerweiterung

Das in diesem Heft vorgestellte Projekt der Automatisierungsanlage mußte zu einem Zeitpunkt, als der Dauerbetrieb der ersten Ausbaustufe bereits begonnen hatte, um mehrere Verfahrensstufen erweitert werden. Mit der Erweiterung war die Zielstellung verbunden, das in der Anlage entstehende Biogas wirtschaftlicher zu verwerten und den Verfahrensabschnitt Schlammbehandlung (vergl. Abschnitt 3.1.) zu verbessern. Forderungen dieser oder ähnlicher Art tragen der dynamischen Entwicklung moderner Technologien Rechnung und haben die weitere Intensivierung der Verfahren zum Ziel. Von der Automatisierungsanlage wird erwartet, daß sie auf diese Anforderungen flexibel reagieren kann. Das Prozeßleitsystem audatec läßt sich im Rahmen der Systemgrenzen erweitern. Im vorliegenden Fall wurde die Erweiterungsforderung noch zum Zeitpunkt 14 (Bild 7) bekannt. Die für einen Fahrstand ausgelegte Systemkonfiguration war mit annähernd n = 1000 KOMS bereits ausgelastet und bot demzufolge keine Erweiterungsmöglichkeit. Als Varianten wurden deshalb diskutiert:

a) Abrüsten bereits projektierter KOMS und deren Einordnung in eine konventionelle Systemausweitung

b) Verdichtung von KOMS (vergl. Abschn. 5.7.)

c) Erweiterung um einen Fahrstand 2

Die Varianten a) und b) mußten wegen des fortgeschrittenen Bearbeitungsstandes verworfen werden. Die Entscheidung fiel zugunsten eines zweiten Fahrstandes (Bild 51) mit folgenden Erweiterungszielen:

- Die Anlagenkonfiguration wird um weitere Funktionseinheiten BSE, PSR erweitert. (Diese Möglichkeit besteht, da die maximale Konfiguration (Bild 8) noch nicht erreicht war.)
- Der Prozeßleitstand wird um einen Fahrstand 2 mit zwei redundanten Pulten mit identischer KOMS-Zuordnung erweitert (PSR 6, PSR 7).
- Mit der Anzahl $1 < n$ KOMS des Fahrstandes 1 können beliebige für die Prozeßführung am Fahrstand 2 erforderliche Einzel-KOMS in diesen übernommen werden. Die Anzahl KOMS im Fahrstand 2 beträgt $(1 + m) < 1000$ KOMS, die Gesamtzahl des Systems $(n + m) < 2000$ KOMS.
- Die neue Anlagenkonfiguration des künftig aus zwei Fahrständen bestehenden audatec-Subsystems wurde durch Neuzuweisung der hinzukommenden Funktionseinheiten strukturiert.
- Das Teilsystem Fahrstand 2 und seine Konfiguration kann beliebig später ohne Störung des weiteren Realisierungsablaufs im Teilsystem Fahrstand 1 projektiert und realisiert werden. Es war jedoch erforderlich, die konstruktive Gestaltung des Prozeßleitstands vor Aufstellung der Ausbaustufe Fahrstand 1 abzuschließen. Bild 52 zeigt den Grundriß der neuen Aufstellung.
- Das Gesamtsystem kann darüber hinaus über eine in der Projektphase 14 einzufügende aktive FE KE-WR um einen weiteren hierarchisch übergeordneten Führungsbereich erweitert werden.

7. Technisch-ökonomische Aspekte des audatec-Einsatzes

Der Nutzensanteil, der durch Automatisierung eines technologischen Verfahrens entsteht, ist im allgemeinen nur ungenügend quantitativ erfaßbar. Die Bewertungsproblematik entsteht vor allem dadurch:

- Nutzensaussagen sind nicht allein durch ökonomische Kategorien darstellbar
- Der Nutzensanteil funktionsnotwendiger Automatik ist ökonomisch nicht faßbar
- Automatisierung ist nicht ohne Bezug auf das soziale Umfeld und auf ökonomische und soziale Fernwirkungen bewertbar
- Es existiert nur in Ausnahmefällen eine Vergleichsbasis.

Bisherige Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit von MR-AS gründen sich deshalb in der Regel auf analytisch aus den Eigenschaften dieser Systeme abgeleitete Prognosen. Im betrachteten Anwendungsfall kann jedoch von Ergebnissen ausgegangen werden, die aus dem Vergleich zweier unmittelbar nacheinander realisierter Objekte mit etwa gleichem Leistungsumfang und annähernder Funktionsübereinstimmung hervorgehen /31/, /32/. Die erste Anlage ist mit einem konventionell parallel instrumentierten Zentralsystem realisiert. In /32/ wurde nachgewiesen, daß die im vorliegenden Heft betrachtete Automatisierungsanlage mit etwa 21 % ihres Gesamtwertes "vorbelastet" ist. Die höheren Kosten sind zurückzuführen auf

- das bedeutend höhere technologische Niveau im Verfahrensabschnitt Schlammbehandlung (etwa 9 %)
- das konventionelle back up-System zur Realisierung eines Minimalprogramms in der ersten Inbetriebnahmestufe.

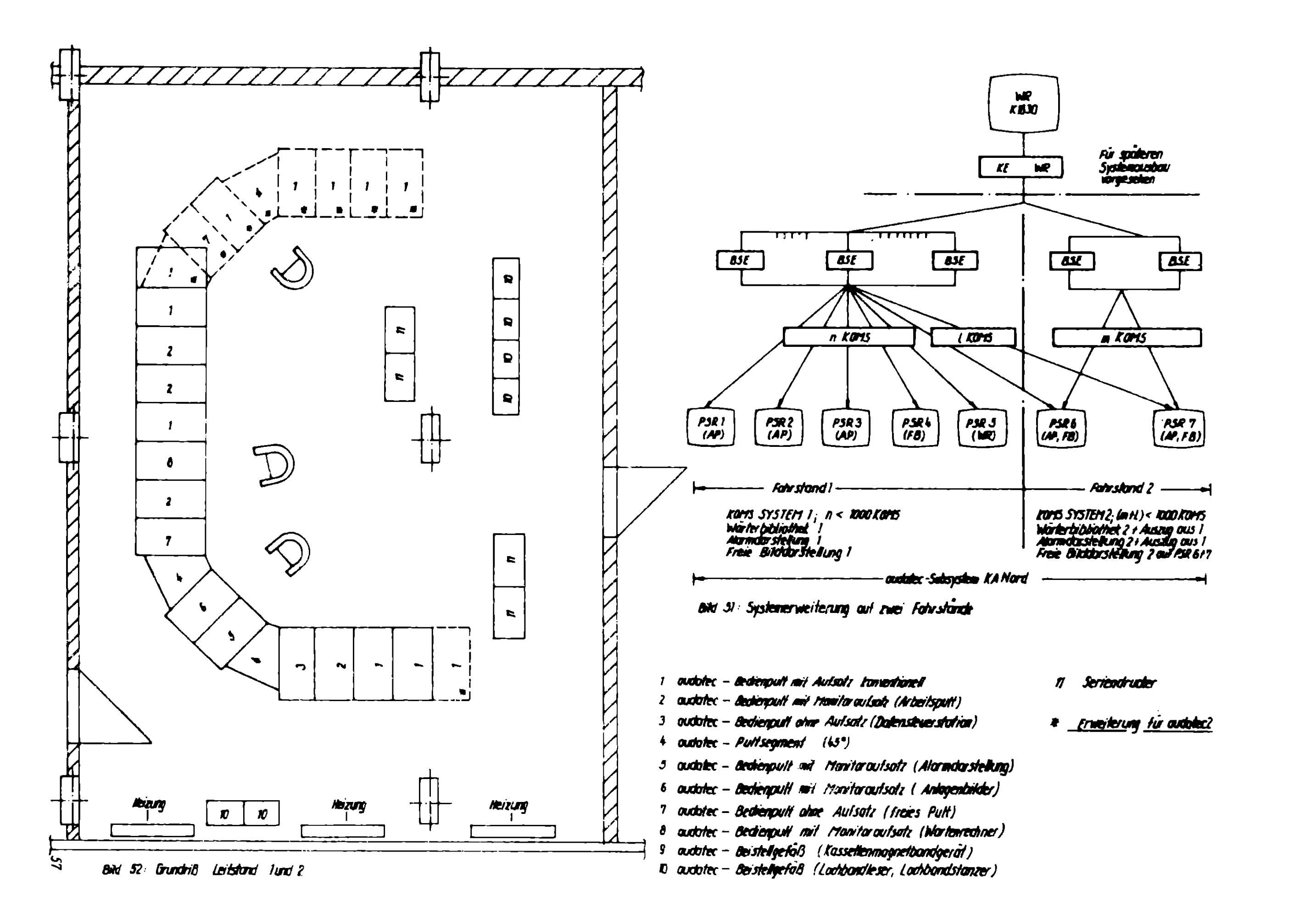


Bild 51: Systemerweiterung auf zwei Fahrstände

Bild 52: Grundriß Leitstand 1 und 2

Der Vergleich zeigt dennoch, daß die mit dem audatec-System ausgerüstete Anlage einen etwa 30 % höheren Investitionsaufwand erfordert.

Die Mehrkosten entstehen durch zwei wesentliche Hauptanteile:

- höhere Projektierungskosten
- höherer Aufwand für das Belüftungssystem (Hauptfunktion des Verfahrens und kostenintensivster Teilprozeß) und die Phosphatfällung.

Die aus Projektierung und Ausrüstung bestehenden letztgenannten Kostenanteile werden maßgeblich durch die im Abschn. 5.10. vorgestellte belastungsgeführte Prozeßsteuerung des Sauerstoffeintrags in die Belebungsstufe (USK-Drehzahlregelung der Großgebläse) und die belastungsgeführte Steuerung des Fällmitteleintrags verursacht.

Unter Ansatz der bei einem konventionellen System zusätzlich anfallenden Bauaufwendungen und des beim Anwender entstehenden quantifizierbaren ökonomischen Nutzens läßt sich eine nominelle Rückflußdauer für den erhöhten Automatisierungsaufwand von 2,7 Jahren abschätzen. Tafel 11 zeigt die Ergebnisse der ökonomischen Untersuchung.

Merkmal	eingespart	Nutzer	volkswirtschaftl. Effekt
Großgefäße im Wartenbereich	152 TM	Hersteller	Reduzierung des Materialaufwands
Bauvolumen im Wartenbereich	570 TM	Anwender	Einsparung von Bauaufwand (Bezugsgröße: 319 M/m³)
Verkabelung	1150 TM	Hersteller Anwender	Reduzierung von Material- und Bauaufwand
Verkabelung	460 TM	Anwender	Einsparung eines kompletten Kabelkanals
Energiebedarf	1200 TM/a	Anwender	Verringerung des spezifischen Energieaufwands
Rohstoffaufwand	100 ... 400 TM/a	Anwender	Verringerung des spezifischen Rohstoffaufwands
Bedien- und Wartungsaufwand	86 TM	Anwender	Einsparung von Arbeitskräften

Tafel 12: quantifizierbare Nutzensanteile durch Anwendung eines audatec-Systems nach /32/

Bei Ausgliederung des back up-Anteils verringert sie sich auf 1,3 Jahre. Eine ökonomische Bewertung der erzielten Gebrauchswerterhöhung durch

- bessere Anpassung an den technologischen Prozeß (Flexibilität)
- wesentlich günstigere MTBF-Zeiten (Verfügbarkeit, Wartungsaufwand)
- rationelle und komfortable Lösung der MMK-Probleme (Tafel 1)
- soziale Effekte (Motivation, Qualifikation, neue Arbeitsinhalte)

bleibt dabei noch unberücksichtigt. Zusammen mit den genannten Lösungsvorteilen führt die technische Gesamtlösung in diesem von Anfang an bewußt auf die Ausschöpfung aller Systemeigenschaften eines MR-AS angelegten Anwendungsfall zu einem am internationalen Standard gemessen hohen technischen Niveau der Gesamtanlage. Zugleich zeichnet sich an diesem und weiteren Ersteinsatzfällen von audatec-Systemen die Erkenntnis ab, daß die Mehrkosten sich durch gründliche Einsatzvorbereitung verringern lassen. Einer der wichtigsten Ansatzpunkte ist die durch den Auftraggeber beeinflußbare Redundanzkonzeption. Sie muß in künftigen Anlagen durch einen auf höherem Niveau angelegten zuverlässigkeitsgerechneten Entwurf minimiert werden.

8. Ausblick

Die Effektivität von Produktionsprozessen kann durch die Automatisierung mit Prozeßleitsystemen in bisher nicht gekannter Weise verbessert werden. Das angebotene Nutzenspotential läßt sich jedoch nur dann umfassend verwerten, wenn das Niveau der Projektvorbereitung und -abwicklung auf den Stand der Leistungsfähigkeit dieser neuen Systeme angehoben wird. Dafür ist es unumgänglich, den technologischen Prozeß gründlich zu analysieren, zu beschreiben und die Automatisierungsziele detailliert zu formulieren.

Das Bemühen der Autoren war darauf gerichtet, die wesentlichen dabei ablaufenden Entscheidungsprozesse an einem Anwendungsfall bei der Automatisierung eines großen verfahrenstechnischen Systems in der Wasserwirtschaft darzustellen. Als Schwerpunkte künftiger Projektierungsaufgaben sehen sie aufgrund der gewonnenen Erfahrungen an:

- Entwerfen der Automatisierungskonzeption in interdisziplinärer Zusammenarbeit noch in der Phase der Grundsatzentscheidung
- Eine auf den Einsatz von Prozeßleitsystemen zugeschnittene automatisierungsgerechte Anlagengestaltung
- Koordinierung der Investitionspartner durch den verantwortlichen Auftraggeber auf einer angemessenen Qualitätsstufe
- Einbeziehen des Anlagenbetreibers in alle Investitionsphasen, um zu gewährleisten, daß seine Vorstellungen über die künftige Anlage angemessen berücksichtigt werden und sein Personal die erforderliche Qualifikation erwerben kann.

Die Notwendigkeit einer interdisziplinären Zusammenarbeit erhält darüber hinaus auch dadurch weiteres Gewicht, daß

- Prozeßleitsysteme in einem in der Geschichte der Automatisierungstechnik nicht vergleichbaren Maß mit stetig anwachsendem Nutzenspotential dynamisch weiterentwickelt werden
- die neuen verbesserten Eigenschaften bei der Systemplanung weiterer Einsatzfälle zu berücksichtigen sind. Dabei ist die Mitwirkung des Herstellers aufgrund seiner Einsatzerfahrung und seines Wissensvorlaufs unverzichtbar
- die Veränderungen sich jeweils unmittelbar auf die Projektierungsmethodik (z. B. Anwendung von CAD-Verfahren) und auf die Gestaltung der technischen Dokumentationen auswirken.

Das System audatec wird schon in nächsterZeit weitere wesentliche Verbesserungen seiner Anwendereigenschaften aufweisen:

- Erweiterung des Standardvorrates von Anwenderfunktionen auf adaptive Regelalgorithmen und Protokollierungsfunktionen
- Verbesserung der Zuverlässigkeitseigenschaften durch Ausweitung der Eigenüberwachungsroutinen und Fehlerdiagnose
- Verbesserung und Ergänzung der Bedienerführung
- Einbinden eines Inbetriebnahmegerätes zur effektiven Inbetriebsetzung, Fehlersuche und Ergänzung neuer Verarbeitungsprogramme
- Weiterentwicklung der Systemunterlagen.
  (Bild 53 zeigt z. B. das in der Projektdokumentation künftig verwendete Funktionsschema in neuer Ausführung. Es vereinigt die bisher gebräuchlichen Funktionsdarstellungen der Bilder 27 und 32 in einer Darstellungsform.)

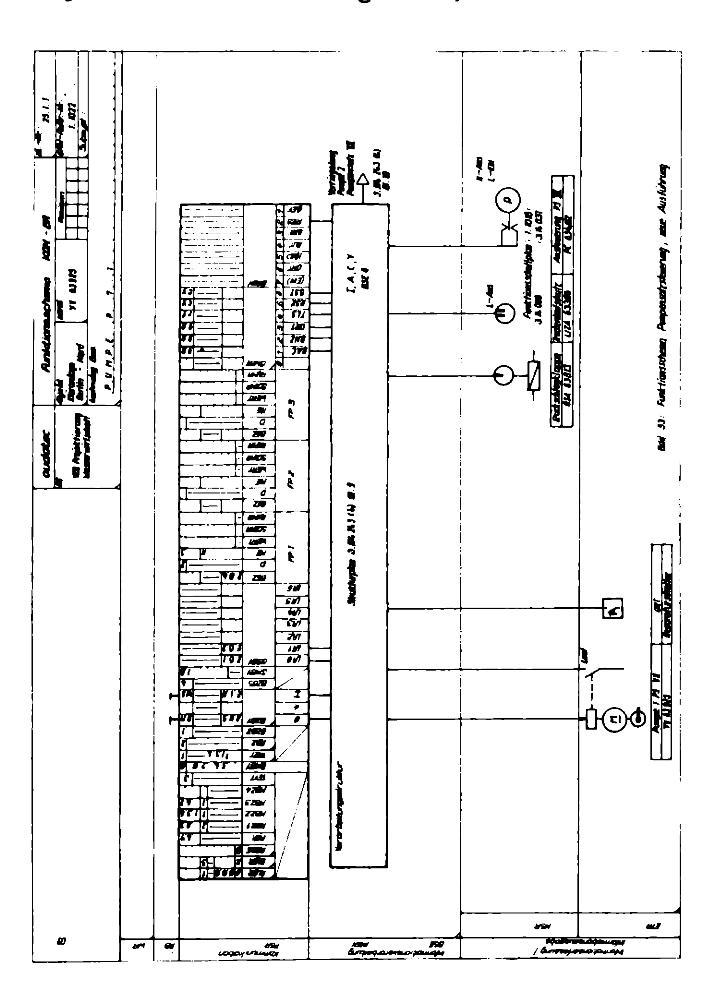


Bild 53: Funktionsschema Pumpensteuerung, neue Ausführung

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen (Teil B)

AA	Automatisierungsanlage
AAB	Automatisierungsanlagenbau
AG	Auftraggeber
AS	KOMS-Grundtyp analog - stetig
AST	Aufgabenstellung
BA	KOMS-Grundtyp binär Aggregat
BE	Binäreingang
BG	KOMS-Grundtyp binärer Geber
BL	KOMS-Grundtyp Leit-KOM
BM	Basismodul
BP	Bedienpult
BS	Basisstation
BSB_5	Verschmutzungskenngröße
BSE	Basiseinheit
BSE-R	Basiseinheit Reserve
ED	Einzeldarstellung
EEA	Elektroenergieanlagenbau
EGS	Einheitliches Gefäß-System
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
FB	Fließbild
FD	Fließbilddarstellung
FE	Funktionseinheit
FS	Fahrstand
GD	Gruppendarstellung
GVA	Großverbundanlage
IBG	Inbetriebnahmegerät
KAB	Katalog Automation Bauteile
KAP	Kartenadressierungsplan
KAPV	Katalog Automation Projektierungsvorschriften

KAS	Katalog Automation Software
KE-WR	Koppeleinheit Wartenrechner
KMBG	Kassettenmagnetbandgerät
KOMS	Kommunikationsstelle
LBL	Lochbandleser
LBS	Lochbandstanzer
LKD	Leit-KOM-Darstellung
MMK	Mensch-Maschine-Kommunikation
Mon	Monitor
MR-AS	Mikrorechner-Automatisierungssystem
MRS	Mikrorechnersystem
MTBF	Zuverlässigkeitskenngröße (mittlerer Ausfallabstand)
NAN	Nachauftragnehmer
NSA	Niederspannungsschaltanlage
PLS	Prozeßleitsystem
PSR	Pultsteuerrechner
PV	Projektierungsvorschrift
REP	Reparaturschalter
SD	Seriendrucker
TAS	Tastatur
TAZT	Tastzeit
ÜD	Übersichtsdarstellung
USK	Untersynchrone Kaskade
WNR	Wartennebenraum
WR	Wartenrechner, Wartenraum
WRD	Wartenrechnerdarstellung
ZÄ	KOMS-Grundtyp Zähler
ZMW	Zentrale Meßwarte

Tafelübersichten

Bildübersichten

Literaturverzeichnis

/1/ RGW-Wörterbuch der Begriffe für Automatisierte Systeme zur Steuerung technologischer Prozesse (ASUP TP). Projektierungsvorschrift 6.29/1.85 VEB Kombinat AAB Berlin

/2/ Kloust, H.: Automatisierungsanlagen - Standards und Kenngrößen - Berlin: VEB Verlag Technik RA 213, 1985

/3/ Paulin, G.: Kleines Lexikon der Mikrorechentechnik. Berlin: VEB Verlag Technik, RA 206, 1982

/4/ Moltmann, B.; Blackert, L.: Begriffe und Definitionen der Mikroelektronik in Automatisierungsanlagen. KDT-Reihe "Automatisierungstechnik", Bd. 4, VEB GRW Teltow, 1980

/5/ Automatisierte Systeme zur Steuerung technologischer Prozesse (ASU TP) Teil 3 Wörterbuch russischer und deutscher Begriffe zur Zuverlässigkeit. Projektierungsvorschrift 6.9/2.80 VEB Kombinat AAB Berlin

/6/ Autorenkollektiv: Strukturierung des Automatisierungssystems audatec für verfahrenstechnische Prozesse (Chemie), KDT-Reihe "Automatisierungstechnik", Bd. 10, VEB GRW Teltow, 1984

/7/ Sadowski, H.; Sawatzki, I.: Das neue Automatisierungssystem für verfahrenstechnische Anlagen. WTI des KAAB 17 (1981) H 4, S. 3 - 6

/8/ Schütze, W.; Mühle, E.; Oltmann, B.: Die Basiseinheit als Einrichtung zur Meßwerterfassung und Regelung im Automatisierungssystem für verfahrenstechnische Anlagen. WTI des KAAB 17 (1981) H 4, S. 6 - 10

/9/ Gurth, R.; Schob, D.; Wätzel: Das Bedienpult im Automatisierungssystem für verfahrenstechnische Anlagen. WTI des KAAB 17 (1981) H. 4, S. 10 - 14

/10/ Müller-Zahn, K.-H.: Die Einrichtungen des Automatisierungssystems audatec für verfahrenstechnische Anlagen. WTI des KAAB 18 (1982) H. 4, S. 138 - 144

/11/ Autorenkollektiv: Ein neues Automatisierungsanlagensystem für verfahrenstechnische Prozesse. Eine Übersicht. KDT-Reihe "Automatisierungstechnik", Bd. 8, VEB GRW Teltow, 1981

/12/ Autorenkollektiv: Einführung in die Mensch-Maschine-Kommunikation bei audatec für Verfahrenstechnik. KDT-Reihe "Automatisierungstechnik", Bd. 9, VEB GRW Teltow, 1984

/13/ Müller, R.; Starke, L.; Töpfer, H.: Projektierung und Kooperation. msr 11 (1984) H. 11, S. 482 - 487

/14/ Haase, W.: Prozeßautomatisierung einer kommunalen Abwasserreinigungsanlage mit dem Automatisierungssystem audatec. Technische Informationen des KAAB, Heft 7 (1985), S 12 - 17

/15/ Franke, H.; Kindermann, H.; Müller, W.: Projektierung von Automatisierungsanlagen mit dem Prozeßleitsystem audatec. KDT-Reihe "Automatisierungstechnik", Bd. 14, VEB GRW Teltow, 1986

/16/ Haase, W.: Zu einigen Aspekten der Grobdimensionierung von audatec-Anlagen in der Automatisierungskonzeption. Beitrag auf der 4. Fachtagung "Anwendung von Mikrorechnern in der Meß- und Automatisierungstechnik", TH Magdeburg, 11. und 12. September 1986

/17/ Haase, W.: Automatisierungskonzeption Kläranlage Berlin-Nord. Interne Ausarbeitung, VEB GRW Teltow, 1984

/18/ Autorenkollektiv: Prozeßsteuerungssysteme PS 2000 und ursalog 4000. KDT-Reihe Automatisierungstechnik, Bd. 6, VEB GRW Teltow, 1980

/19/ Lemke, G.: Prozeß-Ein- und -Ausgabebaugruppen des Automatisierungssystems audatec. KDT-Reihe Automatisierungstechnik, Bd. 11 B, VEB GRW Teltow, 1984

/20/ Katalog Automation Bauteile KAB, VEB GRW Teltow

/21/ Systembeschreibung zum Prozeßleitsystem audatec Teil Verfahrenstechnik. PV 25-01-01, VEB GRW Teltow, 1984

/22/ Haase, W.: Zum Einfluß der Leistungsabgrenzung zwischen Automatisierungs- und Elektroenergieanlagenbau auf den Entwurf optimaler Topologiestrukturen in Mikrorechner-Automatisierungsanlagen - msr, Berlin, 28 (1985) 10, S.434 - 440

/23/ Katalog Automation Projektierungsvorschriften KAPV, VEB GRW Teltow

/24/ Bram, M.; Kriesel, W.: Zuverlässigkeitsstrukturanalyse bei Automatisierungsanlagen Teil 1, Teil 2 Technische Informationen GRW 18 (1980) H 1 und H 2.

/25/ Müller, R.: Projektierung von Automatisierungsanlagen. Berlin: VEB Verlag Technik 1982

/26/ Bergmann, J.: Aspekte zur Gestaltung der Informationsdarstellung in Prozeßwarten verfahrenstechnischer Anlagen. msr, Berlin, 28 (1985) 8, S. 349 - 353.

/27/ Dressler, H.: Automatisierung der Prozeßführung kommunaler Kläranlagen. INTERKAMA-Kongreß 1980, S. 721 - 727

/28/ Czapiewski, U.: Anwendererfahrungen mit einem System TDC 2000 in einer Kläranlage. Regelungstechnische Praxis 24 (1982), S. 407 - 410

/29/ Hruschka, H.: Prozeßführung auf Kläranlagen durch Einsatz elektronischer Rechner. München 1983

/30/ Wilms, H.-E.: Einsatz eines PLS in der Kläranlage der BASF AG VDE-Seminar Verteilte Prozeßleitsysteme 2.6, 1985

/31/ Haase, W.: Automatisierungslösungen für die rationelle Prozeßführung in kommunalen Abwasserreinigungsanlagen. Technische Informationen des KAAB Heft 6 (1985), S. 1 - 6

/32/ Haase, W.: Effizienzanalyse bei der Anwendung eines audatec-Großverbundsystems zur Prozeßführung einer wasserwirtschaftlichen Anlage. Beitragsmanuskript 5. Wissenschaftliche Konferenz "Anlagenautomatisierung", TH Leipzig, 20. - 22. Mai 1986

/33/ Alder, J., Strüver, M.: KDT-Richtlinie 107/85 zur Projektierung von Binärsteuerungen. KDT-Eigenverlag, 1985

/34/ Autorenkollektiv: VEM-Handbuch Prozeßsteuerungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1985

/35/ Autorenkollektiv: VEM-Handbuch Automatisierungsanlagen. Berlin: VEB Verlag Technik 1985